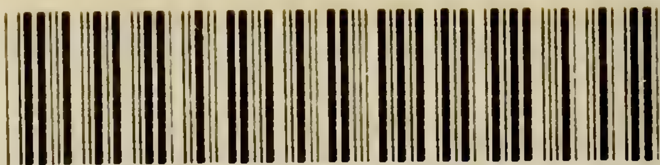


Grundriss einer Methodik

der

Stoffwechsel - Untersuchungen.

Von

Dr. **Carl von Noorden,**
Privatdocent in Berlin,
Assistent an der II. medicinischen Klinik.

Berlin 1892.
Verlag von August Hirschwald.
NW. Unter den Linden 68.



Separatabdruck aus den Beiträgen zur Lehre vom Stoffwechsel. Heft I.

Es ist in der letzten Zeit mehrfach die Aufforderung an mich ergangen, eine kurze Anleitung zur Ausführung von Stoffwechselversuchen zu veröffentlichen. Ich habe mich um so lieber dazu entschlossen, derselben nachzukommen, als ich selbst häufig in der Lage war, jungen Collegen, welche über Stoffwechselfragen in unserem Laboratorium arbeiten wollten, Anweisungen über die Bedeutung der Versuche und über die Technik, welche sie erfordern, geben zu müssen. Zur Orientirung über diesen Gegenstand musste ich — soweit nicht mündliche Belehrung ausreichte, — auf eine grössere Anzahl, in der Litteratur weit zerstreuter Arbeiten verweisen und hier dieses, jenes dort nachlesen lassen. Wie lehrreich und unentbehrlich auch jedem, der in Stoffwechselfragen eintritt, das Studium gewisser hervorragender, die Methoden begründender Arbeiten ist, so schwer wird es doch dem Anfänger, in der zum Theil an Widersprüchen reichen Vielheit der Angaben sich zurechtzufinden. Einheitliche Schilderung der jetzt üblichen Verfahren existirt nicht.

Es wird daher vielleicht von manchem Anfänger und von manchem, die Ausführung von Stoffwechselversuchen anregenden und überwachenden Collegen dankbar entgegengenommen werden, wenn ich unternehme

1. die praktisch wichtigsten Gesetze, welchen der Eiweissumsatz des Menschen folgt, zusammenzustellen;

2. die Aufgaben zu skizziren, welche der Stoffwechselversuch zu lösen hat;

3. auf Grund eigener Erfahrung Anordnung und Technik derartiger Versuche zu schildern.

Ich beschränke mich dabei, so weit das möglich, auf diejenigen Gesichtspuncte, welche für die Beurtheilung des Eiweissumsatzes und der Nahrungsresorption wichtig sind, ohne andere Stoffwechselfragen

mit zu berücksichtigen. Es hat das eine Berechtigung, weil Versuche über Eiweissumsatz und Nahrungsresorption sowohl im physiologischen wie im klinischen Experiment eine gewisse Selbstständigkeit erlangt haben. Ich werde dabei in erster Linie den Versuchsbedingungen am Krankenbette Rechnung tragen.

Bei der Ausführung meines Vorwurfs werde ich dem Geübten, mit einschlägigen Versuchen schon Vertrauten, nichts Neues bringen, da ich nur im Sinne habe, eine erste Orientirung zu erleichtern.

Deshalb werde ich auch im ersten Abschnitt nicht alle Factoren zu besprechen haben, welche Einfluss auf die Eiweisszersetzung gewinnen können, sondern nur diejenigen hervorheben, welche zum Verständniss einfacher Versuchsanordnung und zur Würdigung der Versuchsresultate von Bedeutung sind. Zur Vertiefung seiner Kenntnisse wird jeder daneben das classische Werk Voits, allgemeine Physiologie des Stoffwechsels, Leipzig 1881, zur Hand nehmen müssen.

Ebensowenig kann ich bei Erledigung späterer Abschnitte allen Gesichtspuncten Rechnung tragen, von welchen aus Stoffwechselversuche unternommen und beurtheilt werden können, sondern ich habe mich auf die Erörterung der — sit venia verbo — typischen Stoffwechselversuche zu beschränken, mit deren Ziel ein jeder vertraut sein muss, ehe er zur Lösung ganz besonderer Aufgaben Aenderung in Fragestellung und Anordnung vornehmen darf.

Ich kann ferner auch nicht die ganze Reihe möglicher Versuchsmethoden zur Sprache bringen. Ich beschränke mich, Anweisungen zu geben, deren Durchführbarkeit ich selbst erprobte und deren Anwendung ein sicheres und was nicht zu unterschätzen, auch schnelles Arbeiten ermöglicht. Was die analytischen Methoden betrifft, so habe ich einige wenige, häufig anzuwendende, in den Text mit aufgenommen, im Uebrigen muss jedoch auf die in jedem Laboratorium unentbehrlichen Handbücher der Harnanalyse verwiesen werden und soweit die Untersuchung von Nahrungsmitteln in Frage kommt, auf König's Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, Band I, 3. Aufl. 1890, und Lehmann's Methoden der praktischen Hygiene, 1890. An einigen Stellen glaubte ich besonders wichtige Litteraturangaben einflechten zu sollen.

Ziel der Versuche.

§ 1. Der typische Stoffwechselversuch hat festzustellen:

1. ob die Eiweisszersetzung der Versuchsperson z. B. eines Kranken ebenso gross, grösser oder kleiner ist, als bei zweifellos gesunden Menschen unter gleichen äusseren Bedingungen;

2. ob die Eiweisszersetzung eines Menschen unter bestimmten willkürlichen Eingriffen eine Abweichung nach oben oder unten erleidet.

I. Theil.

Der Eiweissumsatz.

A. Berechnung des Eiweissumsatzes.

Berechnung des Eiweissumsatzes.

§ 2. Als Maass der Eiweisszersetzung dient der N des Harns, welcher hier zum überwiegenden Theil (ca. 83—93 pCt.) an Harnstoff, zum kleineren Theil an Harnsäure, Xanthinkörper, Ammoniak, Amide etc., gebunden ist.

Es ist unnöthig, diese einzelnen N-träger des Harns besonders zu bestimmen; es genügt, den Gehalt an N überhaupt zu kennen.

Anm.: Eine Ausnahme machen stark eiweisshaltige Urine. Der N des Harneiweisses entspricht nicht „zersetztem“ Eiweiss und ist daher in Abzug zu bringen.

Da Eiweiss im Durchschnitt 16 pCt. N enthält, so ist der Harnstickstoff mit $\frac{100}{16} = 6,25$ zu multipliciren, um festzustellen, wie viel vom Körper zersetztes Eiweiss ihm entspricht.

Begründung dieser Berechnung.

§ 3. Die Berechtigung, den Harn-N unter Heranziehung des Factors 6,25 als Maass für die Eiweisszersetzung zu benutzen, hat zur natürlichen Voraussetzung, dass sämmtlicher oder nahezu sämmtlicher Harn-N aus Eiweiss entstammt. Die Voraussetzung trifft bis auf kleinste Fehler für den hungernden Organismus zu. Für den nicht hungernden trifft sie zu, wenn die Nahrung ausser Eiweiss keine oder nur sehr wenig andere N-haltige Verbindungen enthielt. Die Wahl der Kost im Versuch hat darauf Rücksicht zu nehmen (s. § 57b und 72b).

Ist diese Bedingung erfüllt, so leitet sich die Berechtigung des genannten Maassstabes weiterhin ab von der Thatsache, dass aller N des zersetzten Eiweisses — mit Ausnahme kleiner, besonders zu bestimmender Mengen im Koth und verschwindender Mengen, welche Schweiss, Hauttalg und abmausernde Epidermoidalgebilde einschliessen — im Harn ausgeschieden wird.

Maasseinheit der Eiweisszersetzung.

§ 4. Als Maaseinheit dient die in 24 Stunden und zwar am besten die von einem Frühmorgen bis zum andern Frühmorgen ausgeschiedene Menge N — resp. die aus ihr berechnete Menge zersetzten Eiweisses. Schied z. B. ein Mensch in 24 Stunden 1500 ccm Harn mit 0,87 pCt. N aus, so hatte er 15 × 0,8 × 6,25 = 85 gr Eiweiss umgesetzt.

Die Maasseinheit ist berechtigt, weil man ermittelte, dass wirklich alle einer 24stündigen Periode entsprechenden N-haltigen Zerfallsproducte des Eiweisses nach Ablauf dieser Periode den Körper verlassen haben, dass keine zurückblieben und keine, früherer Zersetzung entstammenden, sich hinzugesellten, wenn folgende Puncte berücksichtigt wurden:

1. die letzte Eiweissnahrung mindestens 8—10 Stunden vor dem Schluss der Tagesperiode genossen war; daher sammelt man den Harn von Morgen zu Morgen und nicht von Abend zu Abend;

2. in der Menge aufgenommenen Wassers keine ungewöhnlichen Schwankungen erfolgten. Plötzlich steigende Wasseraufnahme bewirkt allzu grosse, plötzlich sinkende Wasseraufnahme allzu kleine Auslaugung der Zerfallsproducte aus den Geweben.

Anm. N-Elimination bei Oedemen. Die besonderen Beziehungen der Wasserdurchspülung der Gewebe und der Diurese zur Elimination von Stoffwechselendproducten bedingen es, dass bei Anwesenheit von Oedemen das Gesetz von der Uebereinstimmung zwischen 24stündiger Eiweisszersetzung und 24stündiger N-Ausscheidung zu Fall kommt. Bei Zunahme von Oedemen häufen sich Zerfallsproducte in den Gewebesäften an, bei Abnahme werden früher aufgestaute in breitem Strome entleert. Da über den Umfang und namentlich die Schwankungen pathologischer Transsudate ein Urtheil ungemein schwierig zu gewinnen ist, so sind unter diesen Umständen die Schlüsse aus der Tages N-Menge auf den Tages-Eiweissumsatz nur vorsichtig zu verwerthen und meistens sogar vollkommen unzulässig.

N-Ausscheidung im Koth.

§ 5. Ausser durch den Harn geht täglich in beachtenswerther Menge N mit dem Koth zu Verlust. Derselbe entstammt theils den Darmsäften und abgestossenen Epithelien (im Hunger, bei N-freier und wahrscheinlich auch bei rein animalischer Kost) theils aus nicht resorbirten Nahrungstheilen.

Im Hunger werden	pro Tag ca.	0,2—0,5 g N
bei reiner Fleischkost werden	„ „ „	0,5—0,8 g „
bei vorwiegend animaler Kost werden . .	„ „ „	0,5—1,0 g „
bei gleichmässig gemischt-animaler und vegetabilischer Kost	„ „ „	0,8—1,5 g „
bei rein vegetabilischer Kost	„ „ „	1,0—2,0—4,0

und mehr g N mit dem Koth ausgeschieden.

Den Kothstickstoff verwerthet man nicht mit zur Berechnung des Eiweissumsatzes. Doch ist aus anderen Gründen es unerlässlich, seine Menge zu kennen (§ 11 u. § 68).

B. Wichtigste Gesetze für den Eiweissumsatz.

Eiweisszersetzung bei gleichmässiger Eiweisszufuhr. Stickstoffgleichgewicht.

§ 6. Enthält die Nahrung Tag für Tag gleiche Mengen Eiweiss und entspricht dabei die Gesammtnahrung ungefähr dem Bedürfniss des Organismus (cf. § 13ff), so stellt sich alsbald (nach ca. 2—4 Tagen) auch die Eiweisszersetzung auf annähernd gleichmässige Höhe ein.

Beispiel 1 (nach eigenem Versuch): Die Kost enthielt pro Tag 106 g Eiweiss; es war

	N im Harn	Eiweiss zersetzt	
am 1. Tag	18,2 g	113,7 g	
„ 2. „	17,0 g	106,2 g	
„ 3. „	15,8 g	98,7 g	gleich-
„ 4. „	16,0 g	100,0 g	mässige
„ 5. „	15,7 g	98,1 g	Zersetzung

Ist dieser Zustand erreicht, so sagt man, das Individuum befinde sich im N-Gleichgewicht. Es gilt die Formel: N der Nahrung — N des Koths = N des Harns.

Einfluss vorhergehender Eiweisszufuhr.

§ 7. Nach § 6 dauert es 2—4 Tage, bis bei Einführung constanter Diät N-Gleichgewicht erreicht ist. In der Zwischenzeit ist die N-Ausfuhr grösser oder kleiner, als der constanten Versuchsdiät entspricht; sie ist grösser, wenn in der Zeit vorher die Nahrung eiweissreicher — sie ist kleiner, wenn vorher die Nahrung eiweissärmer war.

Beispiel 2 (schematisch): Bei vorher eiweissreicherer Kost (s. a. Beispiel 1)

	Einfuhr	Ausfuhr im Harn u. Koth
1. Tag	10 g N	13 g N
2. „	10 g „	12 g „
3. „	10 g „	10,5 g N
4. „	10 g „	10 g N

Beispiel 3 (schematisch): Bei vorher eiweissärmerer Kost

	Einfuhr	Ausfuhr im Harn u. Koth
1. Tag	10 g N	8 g N
2. „	10 g „	9 g „
3. „	10 g „	10 g „

Formulirung dieser Gesetze.

§ 8. Aus § 6 und § 7 ergiebt sich das grundlegende Gesetz: Der Organismus ist bestrebt, seine Eiweisszersetzung der Eiweisszufuhr anzuschmiegen, andererseits ist auch die Eiweisszersetzung des einen Tages stets abhängig von derjenigen der nächstvorhergehenden Tage. Bei

Aenderung der Eiweisszufuhr überwiegt anfangs der letztere Einfluss, nach einigen Tagen hat sich aber der erstere Geltung verschafft.

Eiweisszersetzung bei schwankender Eiweisszufuhr.

§ 9. Schwankt die Eiweisszufuhr von Tag zu Tag, so machen auch die N-Zahlen des Harns gleichsinnige, aber nicht gleichwerthige Schwankungen. Es concurriren im Körper die beiden im § 8 bezeichneten Einflüsse. Das Gesammtergebniss wird sein, dass zwar die Summe des in längerer Periode, z. B. in 6 Tagen ausgeschiedenen N gleich ist der Summe des eingeführten N, aber für den einzelnen Tag liegen beide Werthe oft weit auseinander.

Beispiel 4 (schematisch):

	N in der Kost	N im Harn u. Koth
1. Tag	12 g	9 g
2. „	7 g	8,5 g
3. „	12 g	10 g
4. „	6 g	8 g
5. „	14 g	12 g
6. „	6 g	9,5 g
Summa	57 g	57,0 g

Es ist hieraus sogleich der Schluss zu entnehmen, dass die Aufstellung der N-Bilanz für nur einen Tag werthlos ist.

N-Gleichgewicht und absolute Höhe der Eiweisszufuhr.

§ 10. Der Mensch kann sich bei sehr verschiedenem Eiweissgehalt der Kost in N-Gleichgewicht setzen; z. B. mit 0,6 g Eiweiss pro Körperkilo und Tag, aber auch mit einem Vielfachen dieser Zahl.

Nähert man sich der unteren Grenze, ca. 0,6 g Eiweiss pro Kilo und Tag (Schwellenwerth des Eiweissbedürfnisses), so wird es schwierig, bei noch weiterem Herabsteigen kaum mehr möglich, N-Gleichgewicht zu erzielen; der Körper deckt dann das Eiweissbedürfniss der Zellen durch Einschmelzung eigenen Eiweisses und scheidet jetzt mehr N aus, als er empfängt.

Die obere Grenze möglicher Eiweisszersetzung, berechnet auf Kilo Körpergewicht und Tag ist noch nicht ermittelt, liegt aber weit oberhalb der bei uns üblichen täglichen Eiweisszufuhr.

Eiweisstagesmengen.

§ 11. Für den erwachsenen Menschen von ca. 60—70 Kilo Gewicht
sind 35—60 g Eiweiss als kleine,
60—90 g „ „ mittlere,
90—150 g „ „ grosse

Tagesmengen zu bezeichnen. Doch ist dabei vorausgesetzt, dass das Eiweiss in leicht resorbirbarer Form gegeben wird, z. B. in Eiern, Fleisch, Milch etc. Das Pflanzeneiweiss ist an sich zwar ebenso werthvoll für den Körper, wie animalisches Eiweiss; doch wird es mit wenigen Ausnahmen (sehr feine Vertheilung!) vom Darm schlechter resorbirt (cf. § 5). Es würde z. B. ein Mensch, welcher täglich 100 g Eiweiss in Form von Schwarzbrod, eine anscheinend grosse Menge (cf. oben) geniesst, nur ca. 75 g Eiweiss resorbiren, also thatsächlich auf mittelgrosse Eiweisskost gesetzt sein.

Vortheilhafte Eiweisszufuhr für Erlangung des N-Gleichgewichts.

§ 12. Am genauesten schmiegt sich die tägliche Eiweisszersetzung der täglich gleichen Eiweisszufuhr an, d. h. am leichtesten wird das N-Gleichgewicht (im Sinne des § 6) von Tag zu Tag aufrecht erhalten, wenn man mittlere Eiweissmengen darreicht, etwa 60—80 g für den Erwachsenen. Schwankungen um 3—8 dg N sind allerdings nicht zu vermeiden.

Bei grösseren Mengen wird zwar auch die Gesammtausfuhr mehrerer Tage gleich sein der Gesammtzufuhr, aber innerhalb dieser Periode kommen leicht grössere Schwankungen vor (0,5—1,5 g N), so dass bald mehr, bald weniger als das Mittel in 24 Stunden ausgeschieden wird.

Bei kleineren Mengen ist zwar auch N-Gleichgewicht herstellbar, jedoch wird dasselbe erst nach längerer Zeit, 4—6 und mehr Tagen erreicht; inzwischen giebt der Körper Eiweiss ab.

C. Beziehungen des Eiweissumsatzes zum Brennwerth der Nahrung.

I. Calorienbegriff.

Die bisherigen Sätze gingen von der Annahme aus, dass die Versuchsperson eine „ausreichende Gesammtnahrung“ erhielt (§ 6). Zum Verständniss dieses Begriffs dient Folgendes:

Gesetze für den Gesammt-Stoffverbrauch.

§ 13. Der lebende Organismus zersetzt fortwährend organische Materie. Diese Zersetzung ist im wesentlichen ein Oxydationsprocess. Wie viel der Körper zersetzt, hängt ab:

1. von seiner eigenen Masse; ein grosser, zellenreicher Körper zersetzt mehr, als ein kleiner zellenärmerer. Auf die Zusätze „zellenreich“ und „zellenarm“ ist Werth zu legen. Denn es kommt in der That auf die Masse der lebendigen Zellen an und nicht auf die Masse todter Zelleneinschlüsse wie Fett. Es kann daher sein, dass ein magerer Mensch von

60 Kilo Gewicht mehr Stoff zersetzt, als ein fetter von 80 Kilo Gewicht, weil bei letzterem 20—30 Kilo Fett als Ballast lagern, die Summe der ernährungsbedürftigen Zellen aber geringer ist, als bei ersterem;

2. von der Arbeitsleistung; der arbeitende Körper zersetzt viel mehr Nährmaterial als der ruhende. Bei vollständiger körperlicher Ruhe, im Bett und im Schlaf ist daher die Zersetzung am geringsten, bei intensiver Muskelarbeit am höchsten;

3. von der Art des Brennmaterials. Von Stoffen, welche hohen Brennwerth haben, d. h. bei der Oxydation bis zu den vom Körper gelieferten Endproducten viel Wärme liefern, wird zur gleichen Leistung eine geringere Gewichtsmenge benöthigt, als von Stoffen, welche niedrigen Brennwerth haben.

Berechnung des Brennwerths. Calorienbegriff.

§ 14. Der Brennwerth eines Nahrungsmittels ergiebt sich aus der Berechnung, wie viel Wärme frei wird, wenn der Stoff durch Oxydation von seiner ursprünglichen Zusammensetzung übergeführt wird in diejenigen chemischen Verbindungen, in welchen er den Körper nach vollendetem Kreislauf wieder verlässt. Als Maass dient die Calorie, d. h. diejenige Menge Wärme, welche nothwendig ist, um 1 kg Wasser um 1^0 C. zu erwärmen (Kilogrammcalorie).

Physiologischer Brennwerth der Nahrungsmittel.

§ 15. Von unseren hauptsächlichen Nahrungsmitteln Fett, Kohlenhydraten, Eiweiss verlassen die beiden ersteren den Körper als CO_2 und H_2O, das letztere als Harnstoff, CO_2 und H_2O. Wasser und Salze, gleichfalls wichtige Nahrungsmittel werden im Körper nicht oxydirt und entwickeln keine Wärme. Fett, Kohlenhydrate und Eiweiss liefern aber Wärme oder das mechanische Aequivalent derselben in Arbeit. Folgende Standardzahlen sind zu merken. Es giebt im Körper frei:

1 g Eiweiss beim Uebergang in Harnstoff, Wasser und Kohlensäure	= 4,1 Cal.	in Wärme oder Arbeit.
1 g Kohlenhydrat beim Uebergang in Wasser und Kohlensäure	= 4,1 Cal.	
1 g Fett beim Uebergang in Wasser und Kohlensäure	= 9,3 Cal.	

Verwendung des Calorienbegriffes.

§ 16. Die Calorienberechnung ist sehr bequem zur Verständigung über den Umfang der Zersetzungen im Körper.

Beispiel 5. Statt für einen speciellen Fall zu sagen: Der Mensch zersetzte 100 g Eiweiss, 100 g Fett und 400 g Kohlenhydrat, sagt man: er setzte

$$
\begin{aligned}
100 \times 4{,}1 &= 410 \\
100 \times 9{,}3 &= 930 \\
400 \times 4{,}1 &= 1640 \\
&= 2980 \text{ Calorien um.}
\end{aligned}
$$

Gesetz der Vertretung und Isodynamie.

§ 17. Es hat sich nun herausgestellt, dass die einzelnen Nahrungsmittel sich unter einander nach ihrem physiologischen Brennwerth vertreten können, so dass nicht nur die gleiche Wärmeentwickelung, sondern auch die gleiche äussere Arbeit geliefert wird, wenn z. B. 410 Calorien entwickelt werden aus 100 g Eiweiss oder 100 g Kohlenhydrat oder 44 g Fett.

Die Vertretungsfähigkeit des Fetts durch Kohlenhydrate nach Maassgabe ihres Brennwerths ist wahrscheinlich eine absolute, sodass der Mensch ebenso gut von Eiweiss + Fett wie von Eiweiss + Kohlenhydrat leben kann. Dagegen ist die Vertretung des Eiweisses (Anm. 1) durch Fett und Kohlenhydrate nur bis zum gewissen Grade möglich. Diese untere Grenze (der Schwellenwerth) des Eiweissbedürfnisses wurde schon besprochen (§ 10). Liegt aber die Eiweisszufuhr oberhalb des Schwellenwerthes, so ist es wenigstens für die kurze Dauer (Anm. 3) eines Stoffwechselversuchs gleichgiltig, ob die weiteren Calorien durch Eiweiss, Fett oder Kohlenhydrat (Anm. 2) geliefert werden.

Anm. 1. Albumosen und Pepton statt Eiweiss. An Stelle des Eiweisses können auch Albumosen und wahrscheinlich auch echte (Kühne'sche) Peptone unbeschadet eintreten. Alle anderen Eiweissabkömmlinge oder N-haltigen Verbindungen (Leim, Amidosäuren, NH_3 etc.) tragen nicht dazu bei, das Eiweissbedürfniss unter den Schwellenwerth (§ 10) herabzudrücken. Ist dieser aber nach oben überschritten, so können sie nach Maassgabe ihres physiologischen Brennwerthes (falls sie also überhaupt im Körper oxydabel sind § 57 b), ebenso gut zur Deckung des Calorienbedarfs beitragen, wie Fett und Kohlenhydrat.

Anm. 2. Vertretungswerthe anderer N-freier Nahrungsmittel. Die vollwerthige Vertretung nach physiologischem Brennwerth ist für die N-freien Stoffe bis jetzt nur von Fett, Fettsäuren und Kohlenhydrat erwiesen. Dagegen scheinen andere z. B. der Alkohol, obwohl er im Körper verbrannt wird und Wärme entwickelt, einen geringeren physiologischen Vertretungswerth zu haben, als seiner calorischen Wirkung entspricht.

Anm. 3. Eiweissarme Kost. Ob der Mensch auf die Dauer unbeschadet seines Eiweissbestandes und seiner Widerstandsfähigkeit mit „kleinen“ (§ 11), dem Schwellenwerth naheliegenden Eiweissmengen sich ernähren darf, ist noch ungewiss und gerade in den letzten Jahren viel discutirt. Für kurze Zeiträume (1—2 Wochen) darf der Beweis als erbracht gelten.

Formel für Nährwerth der Kost.

§ 18. Auf Grundlage des Gesetzes von der Vertretung der Nahrungsmittel nach Calorienwerth und der Erfahrung über das Eiweissbedürfniss, genügt es zur Verständigung über den Stoffverbrauch auszu-

sagen: z. B. der Mensch erhielt eine Nahrung von 2500 Calorien Brennwerth mit 80 g Eiweissgehalt, wobei es dann gleichgiltig ist, ob die nach Abzug von $80 \times 4,1 = 328$ Calorien übrigbleibenden 2172 Calorien durch Fett oder Kohlenhydrat gedeckt wurden.

Calorienbedarf des Gesunden.

§ 19. Zurückkehrend zu dem Gedankengang von § 13 lässt sich aussagen: der erwachsene Mensch mässigen Fettgehalts bedarf

in vollständiger Ruhe ca. 32—38 Cal. pro Tag und Kilo
bei mässiger Arbeit „ 35—45 „ „ „ „ „
bei starker Arbeit „ 50—70 „ „ „ „ „

Bei sehr fetten Menschen erniedrigen sich diese Zahlen, bei sehr mageren Menschen erhöhen sich dieselben. (Gründe s. §. 13; 1.)

2. Caloriengleichgewicht.

§ 20. Erhält der Mensch in der Kost genau so viel Calorien, wie er nach Maassgabe seiner Körpermasse und Arbeitsleistung zersetzt (syn. bedarf), so befindet er sich im Caloriengleichgewicht.

Anm.: Unterschied von Calorien- und N-Gleichgewicht. Der Begriff Caloriengleichgewicht ist wohl zu trennen von dem Begriff des N-Gleichgewichts. Es kann ersteres bestehen ohne letzteres.

Beispiel 6. Halten wir uns an ganz schematische Darstellung: Wenn ein Mensch gestern 2980 Cal. in Form von 100 g Eiweiss, 100 g Fett und 400 g Kohlenhydrat (cf. § 16) einführte und thatsächlich zersetzte, also auch $\frac{100}{6,25} = 16$ g N (cf. § 2) ausschied, so war er im Calorien- und im Stickstoffgleichgewicht.

Heute nehme er wieder eine Nahrung von 2980 Calorien und zersetze, weil die äusseren Lebensbedingungen die gleichen bleiben, eben so viel. Die Nahrung bestehe aber aus nur 50 g Eiweiss (mit 8 g N), dagegen 450 g Kohlenhydrat neben 100 g Fett. Dann wird er nach Massgabe von § 7 eine zwischen 16 g und 8 g liegende N-Menge, etwa 12 g N ausscheiden; d. h. er zersetzte $12 \times 6,25 = 75$ g Eiweiss, also 25 g mehr als er genoss; das entspricht 102,5 Calorien. Dafür spart er 102,5 Calorien an anderer Stelle und zwar unter diesen Umständen erfahrungsgemäss durch Einschränkung der Fettzersetzung (um $\frac{102,5}{9,3} = 11$ g). Es ergiebt sich also für diesen Tag

Einfuhr	Zersetzung
50 g Eiweiss (8 g N)	75 g Eiweiss (12 g N)
450 g Kohlenhydrat	450 g Kohlenhydrat
100 g Fett	89 g Fett
= 2980 Calorien	= 2980 Calorien.

D. h. der Mensch war im Caloriengleichgewicht, aber nicht im N-Gleichgewicht.

Störung des Caloriengleichgewichts.

§ 21. Das Caloriengleichgewicht wird gestört, wenn der Mensch
1. mehr Nahrung geniesst, als er zersetzt;
2. weniger Nahrung geniesst, als er zersetzt.

3. Die Calorienzufuhr ist grösser als der Bedarf.

Ueberernährung und Calorienumsatz.

§ 22. Man hatte früher die Vorstellung, dass der Organismus um so mehr zersetze, je mehr er Brennstoff einführe, gleich einem Ofen, welcher mehr Wärme entwickelt, je stärker er gespeist wird. Insofern diese Mehrverbrennung über das nothwendige Maass der Zersetzung hinausging, sprach man von Luxusconsumption. Dieser Begriff ist unhaltbar geworden, nachdem exacter angelegte Versuche zeigten, dass der lebendige Organismus seine Zersetzung nur nach Massgabe eigenen Bedürfnisses regelt und eine überschüssige Zufuhr durch Zunahme seiner eigenen Masse beantwortet.

Beispiel 7. — Der Mensch bedurfte gestern 2500 Calorien und diese wurden durch die Nahrung des Tages (etwa 100 g Eiweiss + 136 g Fett + 200 g Kohlenhydrat) gerade gedeckt. Heute bleibt wegen völliger Gleichheit der äusseren Bedingungen (§ 13 u. 19) das Calorienbedürfniss unvermindert = 2500; aber er geniesst 100 g Kohlenhydrat = 410 Calorien mehr. Die Folge wird nicht sein, dass er jetzt 410 Calorien mehr zersetzt — das wäre Luxusconsumption, sondern aus der Mehrzufuhr erwächst ihm ein stofflicher Gewinn, er setzt Körpersubstanz an und zwar Stoff, welcher ca. 410 Calorien Brennwerth hat.

Anm.: Einfluss der Verdauungsarbeit auf die Stoffzersetzung. Das Gesetz, dass Mehrangebot von Nahrung keine Mehrzersetzung im Gefolge hat, gilt nur mit einer gewissen Beschränkung. Erhält z. B. der Mensch täglich 100 g Fett mehr als vorher, so hat er zur Verdauung desselben ein höheres Maass von Darmarbeit einzusetzen und dieses Plus an Arbeit kann nur durch Mehrzersetzung geleistet werden. Dafür können bis 10 und mehr Procent der zugeführten Calorien eingefordert werden, so dass von ca. 100 g Fett zunächst etwa 5 g mit dem Koth unresorbirt abgingen (cf. § 67c) und weitere 10 g zum Ersatz der vom Darm benöthigten Calorien einzutreten haben. Es würden also nur ca. 85 g zum stofflichen Ansatz (Eiweisssparung, Fettvermehrung) verfügbar bleiben.

§ 23. Die Zunahme an Körpermasse kann erfolgen in Form von Eiweiss oder von Fett oder beidem gleichzeitig.

Ursprung a) des angesetzten Eiweisses,

Das Eiweiss wird unmittelbar aus dem Eiweiss der Nahrung entnommen (ev. auch aus Albumosen und Peptonen cf. § 17, Anm. 1) und im Körper zurückbehalten — nach Voit zunächst in Form von Säfteeiweiss oder circulirendem Eiweiss im Gegensatz zu Körpereiweiss, dessen Vermehrung nothwendig an Wachsthum und Vermehrung von Zellen gebunden ist.

b) des angesetzten Fettes.

Das Fett wird entweder auch aus dem Nahrungsfett entnommen und aufgespeichert oder aus Eiweiss abgespalten oder aus Kohlehydraten gebildet. Die 3 Formen der Fettbildung gehen wahrscheinlich immer Hand in Hand.

Kohlenhydrat wird unter solchen Umständen nur in beschränktem Maasse angehäuft, da der thierische Organismus keinen Raum für grosse Mengen dieser Substanzen zur Verfügung stellt. Fliesst es in reichlicherem Strome, als der Verwendung und der Anhäufbarkeit entspricht, zu, so wird es in Fett verwandelt.

Eiweissumsatz bei Ueberernährung.

§ 24. Die Ueberernährung gewinnt nach § 23 Einfluss auf die Eiweisszersetzung. Diese Verhältnisse sind sehr wichtig für Stoffwechselversuche.

a) Bei kurz dauernder Ueberernährung.

§ 25. Befand sich der Körper im Zustand gleichmässiger Eiweisszersetzung und steigert man jetzt plötzlich, ohne die äusseren Bedingungen zu ändern, seine Calorienzufuhr durch eine ansehnliche Zulage von Kohlenhydrat oder Fett, so sinkt regelmässig die Eiweisszersetzung bedeutend, d. h. es treten die letzteren für Eiweiss in die Zersetzung ein, sie sparen Eiweiss.

Beispiel 8. — Die N-Zufuhr betrug, bei auch sonst gleichmässiger Ernährung, an 4 Tagen im Mittel 12,572 g; im Harn waren pro die 10,375 g. An einem V. Tage wurden 200 g Zucker als Zulage gereicht. Die N-Ausscheidung sank an diesem Tage auf 9,016 g. Es wurden also 1,359 g N = 13,2 pCt. des Gesammtumsatzes (gemessen am Harn-N) gespart. — Das Beispiel ist der Arbeit von Deiters, Ueber die Ernährung des Menschen mit Albumose-Pepton, v. Noorden's Beiträge etc. Heft I., S. 71, entnommen.

Man sieht aus diesem Beispiel, dass nicht die sämmtlichen überschüssigen Calorien der Kohlenhydratzulage zur Eiweissersparung herangezogen werden, sondern immer nur ein kleiner Theil. In diesem Falle wurden 8,5 g Eiweiss weniger zersetzt, als vorher, d. h. $8,5 \times 4,1 = 35$ Calorien der Kohlenhydrate wurden auf Eiweissersparung verwendet, die übrigen $200 \times 4,1 - 35 = 785$ Calorien müssen in Form von Fett im Körper angehäuft worden sein und zwar da 9,3 Calorien einem Gramm Fett entsprechen, müssen es $\frac{785}{9,3} = 84,4$ g Fett gewesen sein. (vergl. übrigens § 22 Anm.)

Kohlenhydrat und Fett als Eiweisssparer.

Ganz ähnlich würden die Dinge liegen, wenn statt 200 g Kohlenhydrat die isodyname Menge Fett = ca. 88 g in der Zulage enthalten gewesen wären. Nur wäre dann ein noch geringerer Procentsatz der zuwachsenden Calorien der Eiweissersparung zu Gute gekommen, weil Fett erfahrungsgemäss das Eiweiss nicht so energisch aus der Zersetzung zurückdrängt, wie Kohlenhydrat. Diese Erfahrung ist in dem Satze formulirt: Kohlenhydrat ist ein besserer Eiweisssparer als Fett.

b) Bei länger dauernder Ueberernährung.

§ 26. Hält die Ueberernährung mit N-freier Substanz eine längere Zeit hindurch an, so wird die Eiweissersparung immer geringer und die Bereicherung des Fettdepots verhältnissmässig immer grösser, denn es dringt jetzt das Bestreben des Organismus durch, seine Eiweisszersetzung mit der Eiweisszufuhr in's Gleichgewicht zu bringen (§ 8).

Die Eiweissersparung bei Uebernährung ist verschieden gross.

§ 27. Wie sich unter den Verhältnissen der §§ 25 und 26 die Wirkung überschüssiger Calorienzufuhr auf Eiweissersparung und Bereicherung des Fettbestandes vertheilt, lässt sich für den einzelnen Fall kaum vorhersagen. Es spielen zweifellos eine Summe schwer abzuschätzender individueller Factoren eine wichtige Rolle.

Nur für Extreme sind Regeln aufstellbar:

a) Bei plötzlicher Steigerung der Calorienzufuhr.

§ 28. Bei plötzlicher bedeutender Steigerung der Calorienzufuhr wird bei jedem Menschen Eiweiss gespart (§ 25).

Dagegen werden geringe plötzliche Steigerungen der Calorienzufuhr (etwa bis zu 15 pCt. des gesammten Calorienwerthes der Nahrung) meistens ohne wesentliche Herabdrückung des Eiweissumsatzes hingenommen.

b) Bei langdauernder hoher Steigerung der Calorienzufuhr.

§ 29. Bleibt die Zufuhr weiterhin gleich hoch, so bleibt die Eiweissersparung theils nach Maassgabe der absoluten Grösse des Ueberschusses, theils nach Maassgabe individueller Verhältnisse wenige Tage oder einige Wochen nachweisbar.

c) Bei mässiger Steigerung der Calorienzufuhr.

§ 30. Bei mässigem Calorienüberschuss kann Eiweissersparung vorhanden sein, sie kann aber auch ganz ausbleiben. Sie wird sicher vorhanden sein — und zwar in erheblichem Maasse — wenn der Körper in einem Zustande stärkerer Zellvermehrung sich befindet, z. B. bei raschem Wachsthum im Kindesalter und bei Reconvalescenten, welche in der Krankheit Einbusse an Zellsubstanz erlitten. Sie wird undeutlich sein, wenn der Körper das Bestreben hat, seine Eiweisszersetzung und seinen Zellbestand auf gleicher Höhe zu bewahren, wie das beim erwachsenen gesunden Menschen der Fall ist.

Eiweissverlust trotz Ueberernährung.

§ 31. Neben den zwei erwähnten möglichen Folgen der Ueberernährung:

1. gleichzeitige Zunahme des Eiweiss- und Fettbestandes;
2. Gleichbleiben des Eiweissbestandes, Zunahme des Fettbestandes

kann unter gewissen Verhältnissen noch vorkommen:

3. Abnahme des Eiweissbestandes, Zunahme des Fettbestandes.

a) Bei raschem Wechsel der Kost.

Bei raschem Wechsel der Kostordnung, nämlich bei: Erhöhung der Calorienzufuhr, Sinken der Eiweisszufuhr.

Beispiel 9 (schematisch). — Ein Mensch stehe mit reichlich Eiweiss und entsprechenden Mengen N-freier Substanz im N- und Caloriengleichgewicht: 100 g Eiweiss + 136 g Fett + 200 g Kohlenhydrat = 2500 Calorien. Jetzt legt er 150 g Kohlenhydrat = 615 Calorien zu und lässt 50 g Eiweiss = 205 Calorien fort. Dann hat er 410 Calorien im Ueberschuss, welche ihm etwas Eiweiss sparen und seinen Fettbestand stark bereichern. Trotz dieser Unterstützung kann es mehrere Tage dauern, bis der Organismus seine Eiweisszersetzung von der alten Höhe (= 100 g) auf die Stufe von 50 g pro die herabdrückte (§ 7). Bis dieses geschehen, wird der Körper Eiweiss abgeben und Fett ansetzen.

b) Bei absolut ungenügender Eiweisszufuhr.

Wenn letztere unter den Schwellenwerth des Eiweissbedürfnisses (§ 10) herabsinkt, so wird die reichlichste Fett- und Kohlenhydratfütterung es nicht verhindern können, dass andauernd mehr N ausgeschieden als zugeführt wird. Der Fettbestand kann trotzdem steigen. Die Kräfte sinken aber, weil Zellen vernichtet werden.

c) In Krankheiten.

Manche krankhafte Processe (fieberhafte Infectionskrankheiten, Vergiftungen, Carcinom, perniciöse Anämien, schwerer Diabetes u. a.) haben einen so deletären Einfluss auf den Zellbestand des Körpers, dass trotz reichlicher Eiweiss- und überschüssiger Calorienzufuhr fortwährend (Zellen-) Eiweiss vom Körper abschmilzt. Man spricht dann von pathologischer Steigerung der Eiweisszersetzung. Der Fettbestand kann dabei gleich bleiben oder sogar zunehmen.

4. Die Calorienzufuhr ist kleiner als der Bedarf.

Unterernährung und Calorienumsatz.

§ 32. Ebensowenig wie der Mensch bei Ueberernährung mehr zersetzt, verbrennt er bei Unterernährung weniger. Bleibt die Zufuhr hinter dem Bedarf zurückt, so schmilzt vielmehr der Körper eigene Substanz bis zu der Höhe ein, welche seinem Calorienbedürfniss entspricht. Nach Erschöpfung seines kleinen Vorraths an Kohlenhydraten (Glykogen) steht ihm nur Eiweiss und Fett zur Verfügung.

Beispiel 10 (schematisch). — Der Mensch verbrauchte und erhielt gestern 2500 Calorien (Caloriengleichgewicht). Heute verbraucht er wegen völligen Gleichbleibens der äusseren Verhältnisse die gleiche

Summe, erhält aber in der Kost nur 2000 Calorien. Die Differenz von 500 Calorien wird durch Verbrennung eigener Körper-Substanz gedeckt. 54 g Fett würden hierzu ausreichen (54 × 9,3 = 502 Calorien), oder unter Hinzuziehung von Eiweiss eine kleinere Menge Fett (z. B. 12 g Eiweiss = 49 Calorien + 48,7 g Fett = 453 Calorien; Summa = 502 Calorien).

Die Eiweisszerstörung bei Unterernährung ist verschieden gross.

§ 33. Die Unterernährung kann also — und das ist wiederum für Stoffwechselversuche von hervorragender Bedeutung — Einfluss auf die Eiweisszersetzung gewinnen. In welchem Maasse sich unter solchen Verhältnissen die Zehrung vom Körperstoff auf Eiweiss und Fett vertheilt, ist nur für einzelne extreme Fälle mit Sicherheit vorauszusagen, für andere gewinnen auch hier (vergl. § 27) individuelle Verhältnisse schwer zu berechnenden Einfluss. Das wichtigste sei hervorgehoben.

1. Vertheilung des Stoffzerfalls auf Eiweiss und Fett im Hunger.

§ 34. Bei absoluter Carenz zersetzte ein Mann von 71 Kilo am ersten Hungertag

78 g Eiweiss	= 319,8	Calorien
215 g Fett	= 1999,5	„

d. h. er deckte 13,5 pCt. des Calorienbedarfs durch Eiweiss und 86,5 pCt. durch Fett.

Ein anderer mit stärkerem Fettpolster und gleichen Gewichts zersetzte am zweiten Hungertag

50 g Eiweiss	= 205	Calorien
204 g Fett	= 1897,2	„

d. h. er deckte 9,7 pCt. des Calorienbedarfs durch Eiweiss und 90,3 pCt. durch Fett.

Anm.: In der Klinik wird es nur ausnahmsweise möglich sein, den Gesammt-Calorienumsatz genau zu ermitteln und daraus den Procentsatz zu berechnen, mit welchem das Eiweiss hieran betheiligt ist. Man bedarf dazu ausser der N-Analyse von Harn und Koth der Kenntniss des O_2-Verbrauchs und der C-Abgabe in Exspirationsluft, Harn und Koth. Diese Kenntniss ist nur mit Hilfe des Pettenkofer-schen Apparates zu gewinnen.

Bedeutung des Fettbestandes dabei.

§ 35. Aus § 34 ergiebt sich die Regel, dass ein bedeutender Fettvorrath des Körpers dazu dient, den wichtigeren Eiweissbestand zu schonen. Diese Regel gilt nicht nur für absolute Carenz, sondern behält für alle Grade ungenügender Calorienzufuhr Geltung.

Absolute Grösse der N-Ausscheidung im Hunger.

§ 36. Wichtiger ist es, die absolute Grösse der Eiweisszersetzung (resp. N-Abgabe) des hungernden Menschen unter verschiedenen Verhältnissen zu kennen.

Bei acut einsetzender totaler Nahrungsentziehung scheidet:

Der muskelstarke fettarme Mann mittleren Körpergewichts an den ersten 4—5 Hungertagen je 10—12 g N in Harn und Koth aus.

Der fettreiche Mann je 8—10 g N.

Frauen mittleren Körpergewichts je 6—9 g N.

Bei schwächlichen, kleineren Individuen oder bei sehr erheblichem Fettbestand können sich diese absoluten Werthe um je 1—2 g erniedrigen.

Schlüsse aus dem Eiweissumsatz im Hunger.

Findet man bei völliger Nahrungsentziehung oder beim Genuss einer sehr inhaltsarmen Kost (Wassersuppen, Kaffee, etwas Fleischbrühe) die N-Ausscheidung innerhalb der genannten Grenzen, so kann man sagen, dass die Eiweisszersetzung normal war.

Findet man aber unter gleichen Verhältnissen erheblich mehr N in den Ausscheidungen, so war die Eiweisszersetzung pathologisch gesteigert (cf. § 43).

Absolute N-Ausscheidung im Hunger nach langdauernder Unterernährung.

§ 37. Bei Menschen, welche lange Zeit aus irgend welchen, meist mit Krankheit zusammenhängenden Gründen sich ungenügend ernährten und dadurch in ihrem ganzen Ernährungszustand stark reducirt sind, ist der Hungerwerth für Eiweisszersetzung bezw. N-ausscheidung viel niedriger. Setzt man solche fett- und muskelarme Menschen einige Tage auf blande, inhaltsarme Kost, so findet man bei Männern meist nur 5 bis 7 g, bei Frauen meist nur 3—6 g N pro die im Harn und Koth. Für solche Individuen ist daher eine N-Ausscheidung, welche bei acutem Hunger normal ist, schon als pathologisch gesteigerte zu bezeichnen. Bei herannahendem Tode können diese Werthe noch weiter absinken.

2. Eiweisszersetzung bei Kohlenhydrat- oder Fett-Verminderung.

§ 38. Entzieht man einem vorher zureichend und gleichmässig ernährten Menschen plötzlich ansehnliche Mengen Kohlenhydrat oder Fett, so steigt die Eiweisszersetzung erheblich. Die Bedeutung der beiden Nährstoffe als Eiweisssparer (cf. § 25) tritt dadurch in helles Licht.

Beispiel 11: An 3 Tagen war bei 15,782 g N und 1955 Calorien Brennwerth der Kost im Mittel 14,927 g N im Harn und Koth ausgeschieden. Dann wurden 3 Tage lang je 112 g Kohlenhydrat fortgelassen, so dass die

Kost nur 1493 Calorien entsprach. Die N-Ausfuhr dieser 3 Tage betrug jetzt: 14,959 — 17,546 — 18,452 g; im Mittel 16,986 g, also pro die 2,059 g mehr als vorher. (Beispiel aus Miura, Ueber die Bedeutung des Alkohols etc. in v. Noorden's Beiträgen etc., Heft I, S. 9.)

3. Eiweisszersetzung bei mässiger Einschränkung der Calorienzufuhr.

§ 39. Bleibt die Calorienzufuhr um mässige Werthe, z. B. 10 bis 15 % hinter dem wirklichen Bedarf zurück, so kann die Wirkung auf die Eiweisszersetzung verschieden ausfallen.

a) Es wird nur Fett eingeschmolzen.

Die Eiweisszersetzung bleibt mit der Eiweiss-Zufuhr im Gleichgewicht; d. h. also, das Caloriendeficit wird ausschliesslich durch Körperfett gedeckt. Dieser Fall tritt um so leichter ein, je fettreicher das Individuum ist (krankhafte Grade von Fettsucht vielleicht ausgeschlossen).

b) Es wird Fett und Eiweiss eingeschmolzen.

Es wird mehr Eiweiss zersetzt als zugeführt. (N des Harns $>$ N in der Kost — N im Koth.) Der tägliche N-Verlust kann wenige Decigramm, aber auch Gramm betragen. Die Deckung des Caloriendeficits vertheilt sich auf Eiweiss und Fett des Körpers. Die Heranziehung des Eiweisses wird um so wahrscheinlicher erfolgen, je fettärmer das Individuum und je grösser die Differenz zwischen Calorienbedürfniss und Calorienzufuhr ist.

Anm.: Das sub a. geschilderte Verhalten der Eiweisszersetzung bei Calorienausfall kann übrigens nach einigen Tagen in das sub b. erwähnte umschlagen oder auch umgekehrt.

Besondere Bedingungen für Fall a. und b.

§ 40. Ob gesteigerter Eiweisszerfall eintritt (b.) oder nicht (a.), scheint übrigens sehr wesentlich davon abzuhängen, in welcher Weise das Caloriendeficit zu Stande kommt.

a) Beruht das Caloriendeficit auf wesentlicher Verminderung einer vorher ausreichenden Nahrungszufuhr, so wird fast stets N vom Körper zu Verlust gehen (§ 38 und § 39 b).

b) Beruht das Caloriendeficit aber darauf, dass ein gestern noch gerade ausreichend ernährter Mensch (Calorien- und N-Gleichgewicht) heute bei gleicher Nahrungsaufnahme zu grossen Muskelleistungen herangezogen wird, so bleibt der Eiweissbestand trotz eines vielleicht enormen Caloriendeficits fast unberührt. Diese Thatsachen sind der beste Beweis für die Lehre Voits, dass Muskelarbeit in erster Linie durch Verbrennung N-freien Materials vollzogen wird.

4. Eiweissansatz trotz Unterernährung.

§ 41. Unter besonderen Verhältnissen kann das Individuum trotz ungenügender Ernährung eiweissreicher und dabei natürlich fettärmer werden.

a) Bei raschem Wechsel der Kost

in der Richtung von Eiweisszulage und Calorienverminderung. Es ist die Umkehr von § 31 a. Der Eiweissumsatz wird nur 1—2 Tage andauern.

b) Bei raschem Wachsthum und bei Reconvalescenz.

Wenn der Organismus durch Hunger oder, was schwerer in's Gewicht fällt, durch Krankheit (Infection, Intoxication etc.) erhebliche Einbusse an Zellmaterial erlitten und nunmehr in die Periode der Reconvalescenz eintritt, so ist das Regenerationsbestreben der Zellen ein bedeutendes. Es wird dann selbst aus unzureichender Nahrung Eiweiss zum Aufbau neuen Protoplasma's zurückbehalten, man constatirt N-Ansatz bei einer Kost, welche dem Gesunden bedeutende N-Verluste eintragen würde. Selbstverständlich muss unter diesen Umständen (wenn die Calorienzufuhr hinter dem Calorienumsatz zurückbleibt und dennoch Eiweiss gespart wird) der Körper mit seinem Fettbestande ergänzend eintreten. Teleologisch bedeutet das: der geschwächte Organismus ergänzt zunächst seinen wichtigen Eiweissbestand und giebt zunächst das leicht ersetzbare Körperfett preis.

II. Theil.

Der Stoffwechselversuch.

A. Anordnung der Versuche über die Eiweisszersetzung.

Allgemeine Fragestellung.

§ 42. Als Aufgabe der Stoffwechselversuche wurde u. a. bezeichnet die Ermittelung, ob ein Individuum unter bestimmten Ernährungsverhältnissen ebensoviel, oder mehr oder weniger Eiweiss zersetzt, als der Gesunde.

Skizzirung der Versuchsanordnungen.

Die Entscheidung kann auf verschiedenem Wege angestrebt werden.

1. Untersuchung der Eiweisszersetzung im Hunger.

§ 43. Die Versuchsperson wird auf Hungerkost gesetzt; man reicht mässige Mengen inhaltsarmer Flüssigkeiten wie dünnen Kaffee, Wassersuppen, dünne Brühsuppen und dergl. Man bestimmt unter solcher Kostordnung 2—3 Tage lang die 24stündige N-Menge im Harn und Koth und vergleicht die gefundenen Werthe mit den in § 36 und § 37

mitgetheilten Normalzahlen. Liegen die gefundenen Werthe innerhalb der Norm oder nahe derselben, so war die Eiweisszersetzung des Individuums gesundhaft; liegen sie merklich höher, so war die Eiweisszersetzung pathologisch gesteigert; liegen sie tiefer, so bestand die Tendenz, den Eiweissvorrat zu schonen (cf. § 36).

Diese Schlüsse — uud namentlich der letzte — sind nur dann erlaubt, wenn man sicher ist, dass die Elimination aller N-haltigen Zerfallsproducte sich glatt vollzieht. Unter gewissen Umständen: bei Oedemen (§ 4 Anm.), bei schwerer Nierenkrankheit, bei bedeutender Herzschwäche und in der Agone ist das nicht zu erwarten. Es sind schon manche Irrlehren über „Herabsetzung des Stoffwechsels" dadurch entstanden, dass man dieses vergass.

2. Vergleich mit dem Stoffwechsel einer gesunden Controlperson.

§ 44. Dem Versuchsindividuum (A) wird es überlassen, so viel zu essen, wie es will, und einem anderen gesunden Individuum (B) möglichst gleichen Alters, Ernährungszustandes und Geschlechts wird aufgegeben, genau das gleiche zu essen wie A. Die N-Mengen im Harn und Koth beider werden mit einander verglichen.

Schied der Kranke A. ebensoviel aus, wie der Gesunde B., so gilt seine Eiweisszersetzung als normal; schied er mehr oder weniger aus, so schliesst man auf Störung des Stoffwechsels.

Dieses Verfahren, früher beliebt, ist fast ganz verlassen. Sein Vortheil bestand nur darin, dass die Analysen der Nahrung unnöthig wurden. Der Vortheil ist erheblich verringert, seitdem die N-Analyse der Nahrungsmittel vereinfacht ist. Die Nachtheile sind gross. Es ist ungemein schwer, den Ernährungszustand eines Kranken mit dem eines Gesunden zu vergleichen. Man ist in Gefahr gefundene Unterschiede der Eiweisszersetzung auf die Wirkung der Krankheit zu beziehen, während sie vielleicht nur in dem für gleich erachteten, thatsächlich aber verschiedenen Ernährungszustand begründet sind. Ferner steht man der Nothwendigkeit gegenüber, genaue Controlle über zwei Personen ausüben zu müssen, während oft genug schon die Ueberwachung einer Person grosse Schwierigkeiten bereitet. Die Appetenz der beiden wird selten gleichen Schritt halten und das erschwert die Durchführung der geplanten Kostordnung ungemein. Dazu kommt, dass der Kranke vielleicht erbricht, unberechenbare Mengen entgehen so der Resorption und sofort wird dann die Weiterführung der Parallele in Frage gestellt.

Es ist nicht zweifelhaft, dass man mit dem Verfahren brauchbare Resultate erhalten kann und erhalten hat, jedoch immer nur dann, wenn die Stoffwechselanomalie des Kranken eine sehr hochgradige war und wenn die Untersuchung über längere Zeit (ca. 10—14 Tage) fortgeführt wurde.

Ein classisches Beispiel für diese Art der Untersuchung s. bei Fleischer und Penzoldt, Arch. für klin. Med. XXVI. 368.

Die Methode war unentbehrlich, so lange über die Stoffzersetzung des Menschen unter verschiedenen äusseren Verhältnissen und über den Vertretungswerth der einzelnen Nahrungsmittel wenig bekannt war; jetzt, nachdem man zuverlässige Kenntniss gewonnen, wie sich der Stoffwechsel Gesunder bei bestimmter Ernährung verhält, kann die Ausführung eines Parallelversuchs entbehrt werden, ja es erscheint sogar richtiger, durchschnittliche Erfahrungen, an vielen Versuchen gewonnen (s. oben §§ 6 bis 41), als Maassstab für die Beurtheilung des einzelnen Stoffwechselversuchs heranzuziehen, als sich auf Ergebnisse eines einzelnen individuellen Controlversuchs zu stützen.

3. Vergleich mit durchschnittlichen Erfahrungen über den Stoffwechsel Gesunder.

§ 45. Die Versuchsperson wird auf eine bestimmte, annähernd gleichbleibende Kost gesetzt, deren Calorienwerth und deren Eiweissgehalt man je nach den Besonderheiten des Einzelfalles grösser oder kleiner wählt (cf. unten). Die Zusammensetzung der Kost muss genau bekannt sein und ist eventuell durch Analyse zu ermitteln. Andererseits wird der N im Harn und Koth bestimmt und die Bilanz zwischen resorbirtem N (N der Nahrung — N des Koths) und dem N des Harns aufgestellt.

Diese Bilanz ist für mehrere Tage (ca. 5—7 Tage) zu ermitteln, da die Eiweisszersetzung im Anfang des Versuchs allzu sehr von der Eiweisszersetzung der Vorperiode abhängig ist (§ 7).

Kannte man 1. das Körpergewicht des Individuums, beurtheilt man

2. annähernd seinen Gesammternährungszustand (insbesondere Fettvorrath) richtig,

3. berücksichtigt man den Calorienwerth der Nahrung, regelt man

4. die Gesammtstoffzersetzung durch Einführung bestimmter äusserer Bedingungen (Bettruhe, geringe körperliche Arbeit etc.), so lässt sich auf Grund früher besprochener Gesetze vorhersagen, ob das Individuum bei gesundhaftem Stoffwechsel N-Ansatz, N-Gleichgewicht oder N-Verlust aufweisen muss.

Bei geschickter Auswahl der Versuchsbedingungen kann ein überzeugendes Resultat nicht ausbleiben. Wie erstere nach dem Zweck des Einzelversuchs zu ordnen, wird später erörtert.

Wir beschäftigen uns im Folgenden wesentlich mit der soeben skizzirten Methode der Stoffwechselversuche; doch soll auch des sub 1 (§ 43) erwähnten Verfahrens gedacht werden.

B. Untersuchung der Resorption.

Nothwendigkeit der N-Analyse des Koths.

§ 46. Bei jedem Versuch über die Eiweisszersetzung ist es unerlässlich, den N-Gehalt des Koths zu ermitteln. Die Versäumniss stellt den Werth des ganzen Versuchs in Frage. Freilich kennen wir sog. Normalzahlen (§ 5) für den Kothstickstoff, welchen Gesunde bei bestimmter Nahrung ausscheiden. Doch unterliegen die Werthe schon bei Gesunden, ja sogar bei einem und demselben Individuum so erheblichen Schwankungen [1]), dass sie für den Einzelversuch nicht verwerthbar sind.

Auf die Verhältnisse am Kranken sind sie noch viel weniger übertragbar.

Verwerthung des Koth-N für die N-Bilanz.

§ 47. Bezüglich des Kothstickstoffs steht man vor der Frage, ob man ihn vom Nahrungsstickstoff abziehen soll, sodass die Bilanz

(Formel I.) resorbirten N und Harn-N

gegenüberstellt, oder ob man ihn der Ausscheidung zurechnen soll, so dass die Bilanz

(Formel II.) Nahrungs-N und N im Harn + Koth

gegenüberstellt.

Beides ist nicht ganz richtig, da der Koth-N sich zusammensetzt aus wahren Stoffwechselproducten (Resten der Darmsecrete) und Nahrungsresten. Erstere Componente verlangt die Berechnung nach Formel II., letztere nach Formel I.

Für die Bilanz ist es natürlich gleichgiltig, ob der Koth-N mit einem — auf der linken oder mit einem + auf der rechten Seite der Gleichung steht.

Man wird für jeden Fall besonders zu erwägen haben, welche Ordnung der Gleichung anschaulicheres Resultat ergiebt.

Koth-N in Beziehung zur N-Aufnahme.

§ 48. Ausser der Verwendung des Koth-N-Werthes für die Bilanz ist es üblich, sein Verhältniss zum Nahrungs-N zu berechnen. Enthielt die Nahrung z. B. pro die 12 g N und der Koth 0,96 g N, so sind $\frac{0{,}96 \times 100}{12} = 8$ pCt. N mit dem Koth zu Verlust gegangen. Dieser Ausdruck ist nach oben gesagtem correcter als „es sind 8 pCt. N nicht resorbirt.“

Der procentige Verlust wird sodann verglichen mit bekannten „Normalzahlen“ (s. § 67c, ausserdem J. König's Chemie der menschl. Nahrungs- und Genussmittel S. 36 ff. 1889); findet man ihn auffallend höher, so kann man von verschlechterter Resorption reden.

---

1) Siehe O. Deiters, Ernährung mit Albumose-Pepton in v. Noorden's Beiträgen etc. H. 1., S. 67.

Nothwendigkeit der Bestimmung des Fettes im Koth.

§ 49. Ausser dem N ist es wünschenswerth, wenn auch nicht für alle Fälle unerlässlich, den Fettgehalt des Kothes zu ermitteln. Es wirft die Vergleichung des procentigen Fettverlustes mit „Normalzahlen“ ein gutes Licht auf die Resorptionstüchtigkeit des Darms. Von kleinen Mengen (bis 50 g pro die) unserer gewöhnlichen Nahrungsfette dürfen ca. 8—12 pCt., von grösseren Mengen (50—120 g) ca. 4—8 pCt. im Koth wieder erscheinen. Das Studium der Fettresorption ist um so wichtiger, als man die Erfahrung gemacht hat, dass mässige Störungen der aufsaugenden Apparate sich früher durch die Beeinträchtigung der Fettausnutzung als der Eiweissresorption verraten.

Verminderung der Calorienzufuhr durch schlechte Fettresorption.

§ 50. Wie interessant es auch ist, Nachrichten über die Fettresorption gleichsam als Nebenfrucht mitzugewinnen, so kommen doch für den Stoffwechselversuch andere Rücksichten, welche die Fettanalyse des Kothes erheischen, mehr in Betracht. Fett repräsentirt einen hohen Calorienwerth. Geht in einem Falle sehr viel Fett mit dem Koth verloren, so wird dadurch der Gesammtbrennwerth der Nahrung sehr bedeutend vermindert und es kann der Fall eintreten, dass ein Mensch, dem wir reichliche Calorien per os zuführten, thatsächlich von einer calorienarmen Nahrung lebt, weil er grosse Mengen Fett unbenutzt an den resorbirenden Flächen vorbeiziehen lässt. Vernachlässigten wir dieses, so würde unser Urtheil über seine Eiweisszersetzung, welches u. a. auf der Kenntniss der Calorienzufuhr gründet (§ 45), getäuscht werden.

Bestimmung der Kohlenhydrate im Koth.

§ 51. Die Kenntniss des Kohlenhydrat-Verlustes durch den Koth ist von geringerem Belang, da erfahrungsgemäss diese Stoffe selbst unter ungewöhnlichen Verhältnissen recht gut ausgenutzt werden und wenn sie nicht in ungewöhnlich schlecht-resorbirbarer Form gereicht waren, im Koth keine quantitativ beachtenswerthe Rolle spielen.

C. Allgemeine Regeln bei Stoffwechselversuchen.

Mitwirkung von Seiten der Kranken.

§ 52. Ich betrachte es als schlechterdings unmöglich, einen zuverlässigen Stoffwechselversuch auszuführen, ohne von dem guten Willen des Kranken unterstützt zu sein. Man wird sich stets mit dem Patienten darüber ins Einvernehmen setzen müssen, dass er bei der zugewiesenen Kost verbleibt, dass er sich Mühe giebt, dieselbe vollständig zu essen und wenn das nicht möglich, dieses offen mittheilt. Es ist

mir mehrmals vorgekommen, dass Kranke meinten, mir dadurch eine Freude zu machen, wenn sie mich in dem Glauben liessen, dass sie alle zugetheilte Nahrung gegessen hätten und deshalb nach Art eines frommen Betrugs; Brod oder Fleisch in ihren Betten versteckten. Es lassen sich diese und viele andere Fehlerquellen, z. B. in der Aufsammlung des Harns, des Stuhls, des Erbrochenen nur vermeiden, wenn man es erreichte, die Kranken selbst für den Versuch, welcher unter dem Namen einer besonderen „Cur“ bei ihnen eingeführt wird, zu interessiren. Es ist nicht schwer, dieses zu erzielen, bei Frauen viel leichter, als bei Männern. Trotz aller Bemühungen ist es nicht zu vermeiden, dass manche Versuche abgebrochen werden müssen, theils weil bei der Aufsammlung der Excrete Unregelmässigkeiten vorgekommen sind, theils weil eine einigermassen gleichmässige Nahrungszufuhr wegen wechselnder Appetenz der Kranken nicht durchzuführen ist, theils auch weil unvorhergesehene Wendungen im Krankheitsverlauf sich einschieben, welche die Durchsichtigkeit der Resultate trüben.

Bettruhe der Kranken.

§. 53. Schon die Forderung genauer Controlle der Nahrung erheischt es auf einer Krankenabtheilung, dass die Versuchsperson dauernd im Bette ruht. Ebenso wird die Sammlung der Excrete beim bettruhenden besser zu überwachen sein. Die dauernde Bettruhe bringt weiterhin den Vortheil, dass sich die Kranken — soweit äussere Verhältnisse in Betracht kommen — während des ganzen Versuchs im Zustande gleichen Calorienbedarfs befinden (§ 13, 2) und von dieser Seite her kein unberechenbarer Einfluss auf die Grösse der Eiweisszersetzung ausgeübt werden kann.

Schwierigkeit gleichmässiger Nahrungszufuhr.

§ 54. Am schwierigsten pflegt die Aufrechterhaltung gleicher Nahrungszufuhr zu sein, und doch ist dieselbe ein wesentliches Erforderniss für die Brauchbarkeit kurz dauernder Versuche. Zieht sich der Versuch über längere Zeit, z. B. $1\frac{1}{2}$ Wochen hin, so kann allerdings auch bei wechselnder Nahrungszufuhr ein annehmbares Gesammtresultat über die Eiweisszersetzung gewonnen werden (§ 9), für kürzere Versuche sind aber die Sprünge, welche die Eiweisszersetzung dann von Tag zu Tag macht, zu gross, als dass es erlaubt wäre, Durchschnittswerthe für Einfuhr und für Ausfuhr zu berechnen, und man kann nicht mit Bestimmtheit sagen, ob das Durchschnittsresultat mehr von der Unregelmässigkeit der Nahrungsaufnahme oder mehr von den Eigenheiten des körperlichen Zustandes (Krankheit etc.) beherrscht wird.

Rücksicht auf individuelle Verhältnisse.

§ 55. Die Nothwendigkeit gleichmässiger Nahrungszufuhr erfordert es, dass man sich vor dem Versuch mit dem Patienten über eine ihm

zusagende Kost verständigt. Man hat sich da sowohl in Qualität wie in Quantität individuellen Verhältnissen anzuschmiegen.

Dem einen wird man das Eiweiss vorwiegend in Form von Fleisch, dem anderen mehr in Form von Eiern oder Schinken oder Wurst oder Milch verabreichen. Der eine geniesst die Kohlenhydrate lieber in Form von Weissbrod, der andere in Form von Graubrod oder Reis oder Milch oder z. Th. als Zucker. Dem einen giebt man das Fett lieber in Gestalt von Butter, dem anderen als Speck, Schmalz oder Sahne. Der eine geniesst die nöthige Menge Wasser lieber in Suppen, Bouillon, dünnem Kaffee, der andere lieber in Milch, Bier, Thee oder Selterswasser u. dergl. Dem einen — mit starkem Appetit — hat man die Nahrung in voluminöserer Form, dem anderen — mit kleinem Appetit — in concentrirterer Fassung zu geben. Der Nährwerth braucht darum in beiden Fällen nicht von einander verschieden sein (näheres § 72).

Nach vorherigem Ueberschlag über die Menge von Eiweiss und Gesammtcalorien, welche für den Versuch passend sind, wird es möglich, derartige individuelle Bedürfnisse gebührend zu berücksichtigen. Je sorgfältiger dieses geschehen, desto leichter wird eine Tag für Tag gleichbleibende Ernährung durchzuführen sein.

Besondere Bedeutung gleichbleibender N-Zufuhr.

§ 56. Sind Schwankungen wegen wechselnder Appetenz schlechterdings nicht zu vermeiden, so hat man darauf zu achten, dass wenigstens die N-reichen Nahrungsmittel vollständig genossen werden. Die N-freien dürfen in gewissen Grenzen (z. B. bei mittleren Nahrungsmengen um 40—80 g Kohlenhydrat pro die oder 20—30 g Fett) auf und nieder schwanken, ohne dass die Eiweisszersetzung wesentlich geändert wird (§§ 28 u. 39a). Schwanken sie um grössere Werthe, so wird der Einfluss auf die Eiweisszersetzung freilich nicht ausbleiben. Er ist dann aber leicht durchsichtig und auf Grund bekannter Gesetze (§§ 25 u. 38) in Rechnung zu stellen. Dagegen sollten grössere Schwankungen in der täglichen Wasserzufuhr vermieden sein (§ 4, 2).

Bedeutung der Speisenwahl für die Versuchstechnik.

§ 57. Bei der Auswahl der Speisen und Getränke haben nicht nur die schon erwähnten Rücksichten auf die Individualität des Kranken zu walten, sondern auch die Technik des Versuchs stellt gewisse Anforderungen.

a) Die Nahrung soll leicht analysirbar sein.

Es sind solche Nahrungsmittel zu wählen, deren Gehalt sich Tag für Tag leicht controlliren lässt oder erfahrungsgemäss nur so kleinen Schwankungen unterliegt, dass die Genauigkeit der Berechnung nicht in Frage gestellt wird.

b) Die Nahrung soll wenig Extractiv-N enthalten.

Die Nahrungsmittel sollen womöglich nur N enthalten, welcher an das Eiweissmolekül gebunden ist und möglichst wenig N, welcher an Amidosäuren und sog. Extractivstoffe gekettet ist. Der N dieser beiden Substanzen geht in den Harn über (bei Extractivstoffen in unverändertem Molekularverbande, bei Amidosäuren zumeist als Harnstoff) und addirt sich dem aus Eiweisszersetzung freigewordenen N zu. Berechnete man nun den Eiweissumsatz nach Massgabe des § 2, so erhielte man zu hohe Werthe für denselben. Freilich kann man den Fehler umgehen, wenn man den Amidosäure- und Extractiv-N von dem N der Nahrung und des Harns gleichmässig in Abzug bringt, doch setzt dieses immer besondere Analysen der Nahrung voraus, da sowohl die Amidosäurenhaltigen (z. B. Kartoffel) als auch die extractreichen Nahrungsmittel diese Substanzen in sehr wechselnden Mengen enthalten. Es ist daher besser, derartige Nahrungsmittel ganz zu vermeiden und lieber Extractivstoffe, wenn man sie bedarf, in Form eines analysirten Fleischextracts der Kost zuzufügen.

Sammlung des Harns.

§ 58. Die Versuchsindividuen sollen vor Beginn des Versuchs frühmorgens die Blase entleeren. Zum Harn des 1. Versuchstages ist derjenige zu rechnen, welcher von jetzt an bis zum nächsten Frühmorgen um dieselbe Stunde, vor der ersten Nahrungszufuhr entleert wird (§ 4). In gleicher Weise schliessen sich die folgenden 24stündigen Perioden an, so dass — wenn heute die letzte zum Versuch gehörige Nahrung genossen war — morgen früh die Aufsammlung des Harns ihr Ende erreicht.

Unregelmässigkeiten bei der Harnentleerung.

Der Harn wird vollständig gesammelt. Die Kranken sind darauf aufmerksam zu machen, dass sie denselben vom Koth getrennt entleeren. Bei Frauen macht das manchmal Schwierigkeiten, so dass man öfters genöthigt ist, vor der Defäcation zu katheterisiren. Ferner hat man bei Frauen, namentlich solchen, welchen schlaffe Bauchdecken eigen, mit dem Umstand zu rechnen, dass sie ihre Blase nicht vollständig entleeren. Es kann dann Urin, welcher zum Vortage gehörte, dem nächsten Tagesharn zugemischt worden sein.

Diese Fehlerquelle ist nicht unbedeutend. Ihr Einwirken verräth sich dadurch, dass an einem Tage die Harnmenge erheblich unter, am nächsten Tage erheblich über dem Durchschnitt liegt und dass N, ClNa und P_2O_5 die gleichen Schwankungen mitmachen. Es wird dann manchmal nöthig, die Wasser-, N- etc. Mengen im Harn beider Tage zu addiren, das Mittel zu berechnen und dieses für die Aufstellung der Bilanz zu verwerthen.

Die gleiche Art der Berechnung ist zu wählen, wenn etwa durch Unachtsamkeit Harn, welcher für heute fällig war, zum Harn des gestrigen Tages nach der Entleerung zugemischt wurde.

Hat man Grund, unregelmässige Harnentleerung zu vermuthen, so kann man durch katheterisiren zur festgesetzten Stunde Abhilfe schaffen. Jedenfalls ist es rathsam, am Schluss des ganzen Versuchs und ebenso zu Beginn desselben bei Frauen dieses auszuführen. Dann hat man wenigstens sicher den gesammten, zum Versuch gehörende Harn erhalten und kann zuverlässige Mittelwerthe berechnen.

Abgrenzung und Sammlung des Koths.

§ 59. Um eine gute Abgrenzung des zum Versuch gehörenden Kothes zu erreichen, lässt man das Versuchsindividuum am Mittag vor dem Versuch die letzte feste Nahrung nehmen, in den späteren Stunden nur noch dünne Suppen, Mehlbrei u. dergl. (keine Milch!). Zu Beginn des Versuchs erhält es 3 Esslöffel folgender Mischung:

Carbo vegetabilis . 15,0
Mucil. Gummi arab. 15,0
Aq. menth. piper. . 60,0

Nach ihrem Genuss wird der Mund ordentlich ausgespült. Die Kohle färbt die ersten zum Versuch gehörenden Kothmassen intensiv schwarz. Es ist zweckmässig, am ersten Versuchstage am späten Nachmittag oder bei reger Darmperistaltik des Individuums auch früher eine Kothentleerung zu veranlassen, eventuell unter Anwendung von Glycerinclystier. Der jetzt entleerte Koth enthält gewöhnlich noch keine Spur Kohle, der nächste, am folgenden Tage entleerte ist dann ganz schwarz, höchstens kleine Bröckel haben braune Farbe und sind — als der Vorperiode entstammend — zu beseitigen.

Zum Schluss des Versuches, oder wenn man denselben in mehrere Perioden zergliedern will, am Schluss jeder Periode, wird abermals Kohle dargereicht und im übrigen ebenso verfahren, wie im Beginn. Nur gehört jetzt natürlich der erste schwarzgefärbte Koth nicht mehr zum Versuch.

Ist der Koth an sich schon so dunkel, dass man ihn schlecht vom Kohlenkoth unterscheiden kann, so entscheidet die mikroskopische Untersuchung, ob die schwarze Farbe durch Kohlensplitter bedingt ist oder nicht. Weitere Behandlung s. § 77.

Sammlung des Erbrochenen.

§ 60. Erbrochenes ist natürlich auch zu sammeln und besonders zu analysiren. Es wird in derselben Weise verarbeitet, wie später vom Koth beschrieben wird.

Controlle der Versuchspersonen.

§ 61. Dass die Nahrung in vorgeschriebener Menge dem Kranken zugetheilt wird, dass er das vorgeschriebene Quantum, aber auch nicht

mehr als dieses verzehrt, dass etwa dennoch übrigbleibende Nahrungsmittel gewissenhaft abgeliefert, gewogen und gemessen werden, dass die Excrete vollständig gesammelt werden, hängt noch von einem weiteren wichtigen Factor ab, nämlich von der Beschaffenheit des Wartpersonals. Kann man sich nicht unbedingt darauf verlassen, dass jede Anordnung befolgt wird, jede Unachtsamkeit zur Meldung gelangt, so soll man lieber gar nicht versuchen, Stoffwechseluntersuchungen auf einer Krankenabtheilung auszuführen.

Vorzüge des Selbstversuchs.

§ 62. Bei Selbstversuchen fallen natürlich die Schwierigkeiten der Controlle über Nahrungsaufnahme, Ausscheidungen etc. fort; sie sind zu gewissen Zwecken (vergl. § 65) Versuchen an Kranken wegen der grösseren Sicherheit exacter Durchführung entschieden vorzuziehen. Die einzige Schwierigkeit bei Selbstversuchen besteht nur darin, dass möglichst auf ein täglich gleiches Maass körperlicher Arbeit gesehen werden muss (cf. § 53), weil sonst bei gleicher Nahrung der wechselnde Calorienverbrauch einen zwar kaum erheblichen (§ 40 b), aber doch uncontrollirten Einfluss auf die Eiweisszersetzung zu gewinnen vermag.

D. Wahl der Versuchsanordnung je nach der Fragestellung.

Es kann nicht für jede besondere Fragestellung eine Vorschrift zur Anlage des Versuchs gemacht werden. Nur Typisches sei besprochen.

1. Prüfung auf krankhafte Erhöhung des Eiweisszerfalls.

§ 63. Es soll bei dem Individuum festgestellt werden, ob die Eiweisszersetzung pathologisch gesteigert ist.

Das Eiweiss sei in der Kost so reichlich vertreten, dass das Individuum zweifellos sein Eiweissbedürfniss damit decken kann (§ 10). Man wähle ca. 70—100 g Eiweiss in leicht resorbirbarer Form (Anm. 1).

Das Calorienbedürfniss des Individuums werde reichlich gedeckt. Man nehme für den bettruhenden wenig fettreichen Körper 40—43, für den fettreichen 35—39 Calorien pro Körperkilo (Anm. 2).

Bei dieser Anordnung muss der Körper, dessen Eiweissstoffwechsel normal ist, nach wenig Tagen in's N-Gleichgewicht kommen und darin mit kleinen Schwankungen verharren (§ 6 und 12).

Wird aber nicht nur an den ersten 1—2 Tagen (§ 7), sondern während ca. 4—6 Tagen mehr N ausgeschieden, als aufgenommen, so sind im Körper Kräfte wirksam, welche in krankhafter Weise Eiweiss zerstören.

Anm. 1. Gäbe man sehr wenig Eiweiss, so bliebe der Einwand, dass auch Gesunde sich mit kleinen Eiweissmengen schlecht in's N-Gleichgewicht setzen, dasselbe erst nach 6 oder mehr Tagen erreichen, inzwischen aber dauernd Eiweiss vom Körper verlieren (§ 12 und 31 b).

Anm. 2. Gäbe man zu wenig Calorien, so bliebe der Einwand, dass auch der Gesunde unter solcher Kostordnung Körpersubstanz und zwar u. A. auch Eiweissmaterial einschmilzt, mehr N abgebend, als er aufnimmt (§ 39b).

Andererseits darf man auch nicht allzu reichlich durch Häufung N-freier Nahrungsmittel Calorien verabreichen. Sonst kann der eiweissersparende Effect derselben (§ 29 und 30) leicht grösser ausfallen, als die krankhafte Steigerung des Eiweisszerfalls. Das idealste wäre natürlich, dass die Calorienzufuhr genau dem Calorienbedürfniss entspricht. Doch ist das kaum scharf zu bemessen. Der Sicherheit wegen gebe man also lieber etwas reichlicher, als zu geringe Nahrung. Freilich können dabei sehr geringe Grade krankhaft gesteigerten Eiweisszerfalls sich der Erkennung entziehen.

Besonderheiten bei Diabetes mellitus.

Bei Untersuchungen an Diabetikern hat man weiterhin zu beachten, dass die Calorien des ausgeschiedenen Zuckers von den Calorien der Nahrung abgezogen werden. Ein Diabetiker, welcher z. B. eine Nahrung von 3000 Calorien zur Resorption bringt, aber pro die 100 g Zucker ausscheidet, lebt thatsächlich nur von $3000 - 100 \times 4{,}1 = 2590$ Calorien. Sichere Resultate werden beim Diabetes am ehesten bei Fleisch-Fett-Kost ohne Kohlenhydrate erzielt. Controlversuche am Gesunden (nach § 44) sind gerade hier sehr empfehlenswerth.

Besonderheiten bei schlechter Fettresorption.

Dass bei starker Beschränkung der Resorption, insbesondere des Fettes, auch die Calorien des im Koth befindlichen Fettes ausser Rechnung bleiben müssen, wurde schon erwähnt (§ 50).

2. Prüfung auf leicht erzielbaren Eiweissansatz.

§ 64. Es wird erwartet, dass das Individuum sich in einer Periode leicht zu erzielenden Eiweissansatzes befindet.

Um dieses festzustellen, reiche man, nachdem vorher die Eiweisskost etwas höher eingestellt war, während des Versuchs kleine Eiweissmengen, ca. 50—70 g pro die und die Calorienmenge sei eher zu niedrig als zu hoch bemessen.

Bei dieser Anordnung muss der Körper, dessen Eiweissstoffwechsel normal ist, mehrere Tage hindurch N verlieren oder wird höchstens nach einiger Zeit gerade das N-Gleichgewicht wieder erreichen (§ 7 und 40a).

Wird aber (nicht nur an den ersten 1—2, sondern während ca. 4 bis 6 Tagen) weniger N ausgeschieden als aufgenommen, so sind im Körper Kräfte wirksam, welche den Eiweissansatz (hier Zellenbildung) begünstigen.

Anm. Gäbe man mehr Calorien, als das Individuum thatsächlich bedarf, so würde auch beim Gesunden N-Ansatz stattfinden und der Beweis, welchen man erstrebt, wäre nicht erbracht (§ 25 und 26).

Andererseits darf die Calorienzufuhr auch nicht erheblich unter dem Bedürfniss liegen, weil sonst der N-Ansatz so erschwert wird (§ 39a), dass das Bestreben des Körpers eiweissreicher zu werden, nicht zur Geltung kommen kann.

3. Prüfung des Einflusses beliebiger Eingriffe auf die Eiweisszersetzung.

§ 65. Es soll der Einfluss irgend eines willkürlichen Eingriffes auf den Eiweissumsatz geprüft werden.

Man reiche mittlere Mengen Eiweiss (§ 12), die Calorienzufuhr entspreche dem berechneten Bedürfniss. Die Kost bleibe zunächst Tag für Tag gleich (cf. § 62). Nach wenigen (3—5) Tagen wird sich ein Zustand gleichbleibender Eiweisszersetzung (§ 6, s. a. Anm. 1) herausgebildet haben, so dass die täglichen N-Mengen im Harn um wenige (2—6) Decigramme auf- und abschwanken (§ 12).

Ist dieser Zustand erreicht, so schliesst die sog. Vorperiode ab.

Jetzt erfolgt der zu prüfende Eingriff z. B. Zulage bestimmter Menge von Alkohol zur Kost oder Ersatz gewisser Mengen Kohlenhydrat durch Fett, eines Fettes A durch ein Fett B, einer gewissen Menge Eiweiss durch Pepton, die Darreichung gewisser Medicamente wie Salicylsäure, Antipyrin etc. etc. Im übrigen blieben Kost und äussere Bedingungen peinlichst die gleichen.

Je nach den Zwecken des Versuchs bleibt diese Ordnung einen oder mehrere Tage bestehen. Diese II. Periode erhält gewöhnlich ihren Namen von dem zu prüfenden Eingriff, z. B. Alkoholperiode, oder wird einfach als mittlere Periode bezeichnet.

Hieran schliesst sich eine III., sog. Nachperiode, in welcher die gleichen äusseren Verhältnisse wieder hergestellt werden, wie in der Vorperiode. Ihre Dauer betrage stets 3—4 Tage.

Für jede der 3 Perioden ist der Koth besonders abzugrenzen, aufzusammeln und zu analysiren.

Hatte der Eingriff gar keinen Einfluss auf den Eiweissumsatz, so bleibt lie N-Bilanz in der Mittelperiode dieselbe, wie in Vor- und Nachperiode.

Hatte der Eingriff einen eiweisszerstörenden Einfluss, so wird in der Mittelperiode mehr N ausgeschieden, als in der Vorperiode; gewöhnlich auch mehr N als in der Nachperiode, doch giebt es eiweisszerstörende Factoren (sog. Protoplasmagifte), welche eine lange Nachwirkung entfalten, so dass noch weit in die III. Periode hinein die gesteigerte N-Ausfuhr andauert. Dann ist womöglich die Nachperiode so lange auszudehnen, bis die Bilanz der Vorperiode wieder erreicht ist.

Hatte der Eingriff einen eiweisssparenden Einfluss, so wird in der Mittelperiode weniger N ausgeschieden als in der Vorperiode. Auch hier ist zu prüfen, ob der eiweisssparende Factor Nachwirkung entfaltet oder nicht.

Anm. 1. Es ist nicht unbedingt nöthig, dass das Individuum am Schluss der Vorperiode im N-Gleichgewicht ist. Wünschenswerth ist es freilich und meist annähernd erzielbar. Die Zugabe einiger Tage zur Vorperiode, bis constantes N-Gleichgewicht erzielt, belohnt sich stets, weil es die Zuverlässigkeit des Versuchs erhöht.

Doch lassen sich auch ohne vorheriges N-Gleichgewicht brauchbare Resultate erzielen. Denn, wenn in der Vorperiode immer annähernd gleiche N-Mengen zum täglichen Ansatz oder Verlust gelangten, so wird der Einfluss des „Eingriffs“ in der Mittelperiode leicht erkennbar sein.

Unter Umständen lässt sich das Resultat durch vorheriges Einstellen der Bilanz auf täglichen N-Verlust resp. Gewinn — erzielbar durch Beschränkung oder Vermehrung der Eiweisssparer, Kohlenhydrat und Fett — sogar verfeinern.

Bestand in der Vorperiode z. B. ein täglicher kleiner N-Ansatz von durchschnittlich 0,4—0,8 g und dieser schlägt in der zweiten Periode in einen N-Verlust um, so ist mit besonderer Deutlichkeit die Thatsache erwiesen, dass der „Eingriff“ eiweisszerstörend wirkte. Umgekehrt gilt das gleiche.

Anm. 2. Die Eiweisszersetzung der ersten 1—2 Tage der Vorperiode steht unter dem Einfluss der vorhergehenden uncontrollirten Kost (§ 7). Man darf daher nur die letzten 2—3 Tage der Vorperiode zum Vergleich mit der zweiten Periode heranziehen.

Beispiel (aus der Arbeit von Miura l. c.).

Es sollte geprüft werden, ob der Ersatz von 110 g Kohlenhydrat durch 65 g Alkohol die Eiweisszersetzung beeinflusst oder nicht.

	N in der Nahrung pro die	N im Harn und Koth pro die	N am Körper pro die
Vorperiode (3.—4. Tag)	15,782 g	15,108 g	+ 0,674 g
Alkoholperiode	15,782 g	17,464 g	— 1,682 g
Nachperiode	15,782 g	15,301 g	+ 0,481 g

Schluss: Der Ersatz der 110 g Kohlenhydrat durch 65 g Alkohol hat auf den Eiweissbestand des Körpers zerstörend eingewirkt.

4. Prüfung auf die Functionstüchtigkeit der Nieren.

§ 66. In gewissen Fällen, insbesondere bei Nierenkranken und bei Herzkranken, ist zu prüfen, ob die Ausscheidung der N-haltigen Stoffwechselendproducte in befriedigender Weise erfolgt, oder ob Anhäufung derselben im Körper stattfindet.

Man wählt eine eiweissreiche Kost von geringem Caloriengehalt (ca. 30—33 Calorien pro Kilo bei mittlerem Fettbestande). Der Gesunde würde nach einigen Uebergangstagen zweifellos im Harn und Koth mindestens ebenso viel N verlieren wie zuführen (§ 39b).

Bleibt die Ausfuhr längere Zeit merklich hinter der N-Zufuhr zurück, so darf man annehmen, dass der Körper wegen Unzulänglichkeit der ausscheidenden Organe N-haltige Zersetzungsproducte aufstapelte.

Anm. Es ist hier wichtig, den Calorienwerth der Nahrung niedrig zu bemessen, weil bei Anwesenheit reichlicher Mengen von Kohlenhydrat und Fett auch beim Gesunden verschieden lang dauernder N-Ansatz zu erwarten wäre (§ 29). Der erstrebte Beweis würde hinfällig werden. Ausserdem ist hier wichtig die Versuche lang auszudehnen (8—14 Tage).

5. Prüfung der Resorption bei Gesunden und Kranken.

§ 67. In gewissen Fällen gilt es zu prüfen, wie bestimmte Nahrungsmittel vom Darmcanal ausgenützt werden.

Diese Versuche sind zur Beurtheilung des Nährwerthes eines Stoffes von grosser Bedeutung, da man aus der chemischen Analyse allein niemals mit annähernder Sicherheit schliessen kann, wie viel der aufgenommenen Substanz dem Körper wirklich zu Gute kommen, wie viel unbenutzt an den resorbirenden Flächen vorbeistreichen wird. Derartige Versuche sind sowohl bei Gesunden wie bei Kranken am Platze; bei ersteren, um den normalen Resorptionscoefficienten eines noch nicht geprüften Nährstoffes kennen zu lernen, bei letzteren, um zu prüfen, ob Krankheiten (z. B. des Magens, des Darms, der Leber, der Nieren etc.) die resorbirende Function der Darmwand schädigen und ob gewisse Stoffe, z. B. besondere Arten Fett, Fleisch-, Peptonpräparate und dergl., welche vom Gesunden erfahrungsgemäss gut ausgenutzt werden, auch für den Kranken als „leicht verdaulich“ gelten dürfen.

a) Die Resorption bestimmter Nährstoffe beim Gesunden.

Es soll ein Nährstoff, z. B. eine besondere Art Brod, auf seine Ausnützbarkeit geprüft werden.

Man gebe den Nährstoff in derjenigen Form und in denjenigen Mengen, in welchen er in praxi thatsächlich genossen wird. Es hat keinen Zweck, ihn ausschliesslich darzureichen, weil es kaum vorkommen wird, dass ein Mensch nur von einer einzigen Art Nahrungsmittel am ganzen Tage sich beköstigt. Jedoch ist darauf zu achten, dass neben dem Prüfungsobject nur solche Substanzen in der Kost vorhanden sind, welche erfahrungsgemäss gut resorbirbar sind, deren Beimischung zur Nahrung weder den Trockengehalt, noch den Fett-, N- und Kohlenhydratgehalt des Koths wesentlich erhöhen. Ist das Prüfungsobject ein Fett, so wird man alle anderen Fette möglichst ausschliessen, ist es ein N- oder Kohlenhydratträger, so gilt das Gleiche von diesen Substanzen.

Z. B.: Es soll eine neue Brodart (N- und Kohlenhydratträger) geprüft werden. — Zweckmässige Kost: 500 g Brod (Prüfungsobject), 100 g Butter, 20 g Salz, 1 Ltr. Wasser, 1 Ltr. Bier; oder z. B. es soll eine besondere Fettart, etwa Lipanin, geprüft werden. — Zweckmässige Kost: 300 g zartes Fleisch, 400 g feines Weizenbrod, 100 g Lipanin, 20 g Salz, 1 Ltr. Wasser, 1 Ltr. Bier.

Selbstverständlich ist in diesen Versuchen genaue Kenntniss der Zusammensetzung der Nährmaterialien erforderlich und der Koth ist auf N, Fett und Kohlenhydrate zu analysiren.

Die Dauer dieser Versuche kann auf 3 Tage beschränkt werden.

Es ist zweckmässig, diesen Versuch bei mindestens zwei Personen anzustellen, da die Resorptionstüchtigkeit des Darms auch bei Gesunden individuellen Schwankungen unterliegt und die bei einem Menschen erhaltenen Werthe für Verlust durch den Koth nicht als Standardzahlen gutgeheissen werden können.

b) Dasselbe bei Kranken.

Es soll bei Kranken die Resorbirbarkeit eines Nährstoffes festgestellt werden, nachdem man vorher dieselbe für den gesundhaften Zustand kennen gelernt hat.

Man verfährt genau nach den Angaben sub. 1.

c) Prüfung der Resorptionstüchtigkeit bei Kranken.

Es soll beim Kranken ein Urtheil über die Resorptionstüchtigkeit seines Darms im Allgemeinen gewonnen werden.

Man wählt eine Nahrung, über deren Resorbirbarkeit bei Gesunden bereits umfangreiche Erfahrungen vorliegen und von welcher sich ergeben hat, dass in gesunden Tagen die individuellen Differenzen der Ausnutzung nur in sehr engen Grenzen schwanken.

Eine solche Nahrung ist z. B.: Milch 1000 ccm, feines Weizenbrod 180 g, zartes Ochsenfleisch 200 g, Butter 70 g, Wasser, Wein, Salz nach Bedarf. — Versuchsdauer 3—4 Tage.

Von dieser Kost sollen normaler Weise mit dem Koth zu Verlust gehen:

ca. 5—6 pCt. der Trockensubstanz
ca. 6 pCt. des N
ca. 5—8 pCt. des Fettes.

Anm. Es ist zweckmässig, gerade bei diesen Versuchen nicht allzu kleine Mengen Fett zu verabreichen. Denn gerade bei der Fettresorption pflegen geringe Störungen der Aufsaugekraft des Darms am deutlichsten sich auszuprägen. Wählt man geringe Mengen Fett (etwa unter 50 g), so wird man auch beim Gesunden einen höheren procentigen Verlust gewärtigen müssen, als die mitgetheilte Standardzahl angiebt.

Litteratur zur Resorption der Nahrung.

Litteratur zu den Resorptionsversuchen cf. die Standardzahlen für normale Resorption der verschiedensten Nahrungsmittel bei J. König, Chemie der menschl. Nahrungs- und Genussmittel, Band I, 3. Aufl., 1889 (unentbehrlich; hier vortreffliche Litteraturhinweise).

Ueber Nahrungsresorption cf. vor allem: Fr. Müller, Ueber Icterus, Zeitschr. f. klin. Med., XII.; v. Noorden, Ausnutzung der Nahrung bei Magenkranken, ebd., Band XVII.; v. Noorden und Ritter, Stoffwechsel bei Nierenkrankheiten, ebd., Band XIX.; Hirschfeld, neue klinische Form des Diabetes, ebd., Band XIX; Lipman-Wulf, Eiweisszersetzung bei Chlorose, in v. Noorden's Beiträgen etc., Heft I, S. 24; Grassmann, Resorption bei Herzkrankheiten, Zeitschr. f. klin. Med., Band XV; vergl. zu diesem Abschnitt auch die §§ 7, 46—51, 59, 77—79.

Rückblick.

§ 68. Ich habe hiermit einige Fragestellungen, welche häufigst in Betracht kommen und die Methoden, ihnen gerecht zu werden, skizzirt.

Die mögliche Summe derselben ist damit natürlich bei weitem nicht erschöpft. Es ist Sache des einzelnen Forschers, den Versuchen über Eiweissumsatz immer neue Seiten abzugewinnen.

Bedeutung der $P_2 O_5$-Ausscheidung für die Ermittelung des Eiweissumsatzes.

§ 69. Unberücksichtigt blieben in den bisherigen Erörterungen die Anhaltspuncte, welche man zur Beurtheilung des Eiweissumsatzes aus der Bestimmung der $P_2 O_5$ und des ClNa im Harn erwarten darf. Von der $P_2 O_5$ lässt sich aussagen, dass ihre Ausscheidung im allgemeinen derjenigen des N parallel geht. Doch schwankt die absolute Grösse der $P_2 O_5$-Ausscheidung ungemein, da die verschiedenen Nahrungsmittel sehr verschieden $P_2 O_5$ reich sind und dieselbe bald in leicht, bald in schwer resorbirbarer Form enthalten. Es muss demnach das Verhältniss N: $P_2 O_5$ im Harn bald hoch, bald niedrig sein. Von Werth ist die Berechnung dieses Verhältnisses nur dann, wenn gleichzeitig der Gehalt der Nahrung und des Koths an $P_2 O_5$ bekannt ist.

Leider sind derartige vollständige Bestimmungen in der weitschweifigen Litteratur über $P_2 O_5$-Stoffwechsel so sparsam vorhanden, dass alle Schlüsse, welche bei nicht hungernden Menschen aus dem Verhältniss der $P_2 O_5$ zum N gezogen wurden, mit Vorsicht aufzunehmen sind. Da es sich hier um ganz specielle Fragen handelt, kann ich hier nicht weiter darauf eingehen. Für den gewöhnlichen Stoffwechselversuch hat die Bestimmung der $P_2 O_5$ nur deshalb Bedeutung, weil bei gleichmässiger Ernährung N und $P_2 O_5$ Elimination annähernd parallel gehen sollen und in der Kenntniss der $P_2 O_5$-Ausscheidung eine Controlle für die Genauigkeit der N-Bestimmung erwächst.

Bedeutung der ClNa-Ausscheidung für die Ermittelung des Eiweissumsatzes.

§ 70. Auch die ClNa-Menge geht normaler Weise der N-Menge des Harns annähernd parallel, weil der Mensch bei gleich bleibender Kostordnung und bei beliebigem Salzconsum jeden Tag ungefähr die gleiche Menge Salz aufnimmt und ausscheidet. Auch hier schwankt die absolute Grösse ungemein, weil das Salzbedürfniss individuell sehr verschieden ist. ClNa wird von Gesunden ungefähr in gleichen Mengen genossen und wieder ausgeschieden wie N. Beköstigt sich ein Mensch gewohnheitsgemäss oder absichtlich mit auffallend geringen Salzmengen, so kann dieses Verhältniss schon in der Norm durchbrochen werden. Unter Umständen ist aber ein auffallend geringer ClNa-Werth im Harn bei gleichzeitig hoher N-Ausscheidung ein wichtiges Zeichen; es weist nach Voit darauf hin, dass nicht Nahrungs- und Säfteeiweiss die Quelle des reichlichen Harnstickstoffs ist, sondern das Eiweiss der ClNa-armen Zellen.

Man wird daher relative ClNa-Verminderung besonders bei Fällen mit pathologischer Steigerung der Eiweisszersetzung antreffen. Man hüte sich aber, einen derartigen Schluss zu ziehen, ohne mit dem ClNa-Gehalt der Nahrung vertraut zu sein. Da es sich stets, wenn der ClNa-Stoffwechsel zu Rathe gezogen wird, um ganz specielle Fragen handelt, kann ich hier nicht näher darauf eingehen.

S. die betreffenden Abschnitte bei Voit und in Vogel-Neubauer's Anleitung zur Harnalyse (II. Theil § 35; 1890).

E. Wahl der Speisen und Berechnung ihres Gehalts.

Bedeutung der Speisenwahl für die Versuchstechnik.

§ 71. Es wurde früher erwähnt, dass man zur Vereinfachung des Versuchs Speisen auswählen muss, deren Gehalt leicht controllirbar ist und welche möglichst wenig N in anderer Form als Eiweiss enthalten (§ 57).

Für jeden exacten Versuch ist es wichtig, den N-Gehalt der Nahrung genau zu kennen. Dagegen darf man sich in den meisten Fällen damit begnügen, bei gebräuchlichen und erfahrungsgemäss sehr gleichmässig zusammengesetzten Nahrungsmittel für Fett, Kohlenhydrat und Wassergehalt bekannte Durchschnittswerthe zu Grunde zu legen oder besser sich auf eine einzelne eigene vorläufige Analyse zu beziehen. Dieses letztere gilt z. B. für die Kohlenhydrate in Brod, Zwieback, Reis, Cacao, Milch, Wein und Bier etc. und für das Fett in magerem Fleisch, in Cacao, Brod, Suppen etc.

Empfehlenswerthe Nahrungsmittel und ihre Untersuchung.

§ 72. Empfehlenswerthe Nahrungsmittel für den Versuch sind:

a) Fleisch.

Mageres Ochsenfleisch aus bestem Stück. Man kauft eine grössere Portion, für 3—4 Tage reichend, ein und wiederholt dieses im Verlauf des Versuchs, so oft es erforderlich. Jede Portion ist besonders auf N-Gehalt zu analysiren (Methode S. § 76 und 78).

Unter Umständen sind öftere Analysen unnöthig. So bezieht z. B. die Charité täglich centnerweise Schabefleisch. Dasselbe hat als Mischwaare eine äusserst constante Zusammensetzung. Kennt man diese, so kann man Einzelanalysen entbehren.

b) Milch.

Kann man Mischmilch aus grossem Stalle beziehen, so genügt es alle 3—4 Tage eine N- und Fettanalyse auszuführen; ist man constanter Zusammensetzung nicht sicher, so sind die Analysen täglich zu wiederholen. Oft wird man den Gehalt der Milch sehr wechselnd finden, z. B. zwischen 0,45 und 0,55 pCt. N und 2—3 pCt. Fett.

Tägliche Analysen sind unbedingt erforderlich, wenn die Versuchspersonen grosse Mengen Milch geniessen (über $^1/_2$ Liter). Schwankungen des N-Gehalts um 0,05 pCt. und des Fettgehalts um 1 pCt. sind ja nicht selten. Für die mässige Menge von $1^1/_2$ Liter Milch würde das schon eine uncontrollirte Schwankung von 0,75 g N und 15 g Fett pro die ausmachen.

N-Analyse Methode S. § 76.

Fettanalyse nach Soxhlet's aräometrischer Methode leicht und wenig zeitraubend (genau beschrieben in K. B. Lehmann's Methoden der praktischen Hygiene 1890).

c) Butter.

Der N-Gehalt wirklich guter Butter kann auf 0,2 pCt. eingeschätzt werden. Der Fettgehalt der für die ganze Dauer des Versuchs oder für mehrere Tage in Portionen eingekauften Butter muss bestimmt werden, da er um 10 und mehr p. Ct. schwanken kann.

Verfahren: Man trocknet ca. 2 g abgewogener Butter unter Zusatz von reinem trockenem, mit Wasser, Alkohol und Aether gewaschenem Sand oder Gyps 6—8 Stunden lang bei 105° C. Die Masse wird mehrere Male mit wasserfreiem Aether überschüttet, bis der Aether nichts mehr aufnimmt (Probe durch Verdunstung auf Glasplatte). Das Fett löst sich, man filtrirt, vereinigt die Filtrate, verjagt den Aether des Filtrats, trocknet nochmals, wiegt. — Das gleiche gilt von Schmalz und Speck.

Die Butter wird theils zum Braten des Fleisches, theils zum Brode, theils in Fleischbrühen und Suppen untergebracht. Sie hat den Vorzug, sehr leicht resorbirbar zu sein, und ist neben dem Zucker (cf. g) besonders geeignet, appetitlosen Kranken eine Nahrung hohen Calorienwerthes einzuverleiben.

d) Brod.

Zu genauesten Versuchen ist es rathsam, ein grosses für viele Tage zureichendes Brod (Weissbrod oder Graubrod) backen zu lassen, und vor Verdunstung geschützt aufzubewahren. Der N-Gehalt ist in Proben, welche aus verschiedenen Theilen des Brodes entnommen werden, zu bestimmen, weil die einzelnen Brodarten sehr von einander abweichen. Fett ist mit ca. 1 pCt. einzuschätzen, Kohlenhydrate entweder mit ca. 60 pCt. einzuschätzen oder besser zu analysiren (Methode von Allihn und Liebmann, Maly's Jahresberichte der Thierchemie 1886, S. 55; vergl. auch Lehmann, l. c.).

Bezieht man das Brod resp. Weissbrödchen stets aus gleicher Quelle, so dürfen einige vorläufige und gelegentlich wiederholte Analysen — wenn sie stets annähernd gleiches ergeben — der Berechnung im Einzelversuch zu Grunde gelegt werden.

Zwieback, Cakes.

Das gleiche gilt für Zwieback (viel wechselndere Zusammensetzung als Brod!), für Cakes und dergl., welche man bei manchen Kranken zweckmässig für Brod eintreten lässt.

Für Individuen mit starkem Appetit wird man lieber die groben Brodsorten wählen, weil sie das Sättigungsbedürfniss leichter befriedigen; für appetitarme Personen sind die feineren Sorten, unter Umständen auch Zwieback und Cakes, geeigneter. Letztere enthalten viel weniger unverdauliche Schlacken und es gelingt mit ihrer Hilfe besser als mit Brod, trotz kleiner Masse, den Calorienwerth der Kost auf die gewünschte Stufe zu heben.

e) Reis.

Reis ist ein sehr bequemes Nahrungsmittel und namentlich als Kohlenhydratträger werthvoll. Man bereitet ihn mit abgemessenen Mengen Milch als Milchreis oder einfach durch Kochen mit Wasser unter Zusatz abgewogener Mengen Zuckers oder Fleischextracts, je nach Geschmack. Die meisten Patienten nehmen gern ca. 150 g Reis pro die. Er wird vor dem Versuch in grösseren Mengen beschafft, auf N und Kohlenhydrate analysirt (cf. Brod).

Man wähle die feinsten, theuersten Reissorten, weil dieselben viel weniger unverdauliche Schlacken enthalten; ihr N wird fast ebenso gut resorbirt, wie der N mittelgrober Brodsorten. Dagegen ist bei Wahl geringerer Qualität ein sehr bedeutender Abgang von N mit dem Koth zu gewärtigen (bis 20 pCt. des Reisstickstoffs).

f) Cacao.

Cacao ist gleichfalls sehr bequem. Jede Büchse ist auf N besonders zu analysiren; für Fett und Kohlenhydrat können die Zahlen der König'schen Tabellen eintreten. Der Cacao dient zugleich als sehr geeignetes Vehikel für

g) Zucker,

welcher übrigens auch in Milchreis, in Milch, in dünnem Kaffee oder Thee oder einfach in Wasser untergebracht werden kann. Zucker ist speciell für solche Fälle werthvoll, wo die Appetenz sehr darniederliegt und an die Aufnahme voluminöser Nahrung nicht zu denken ist. Von den meisten werden 100 g Zucker sehr gern genommen und vortrefflich vertragen, sie repräsentiren immerhin den ansehnlichen Werth von 410 Calorien.

h) Schinken, Wurst, Rauchfleisch.

Bei appetitlosen und im Geschmack sehr eigenen Kranken habe ich manchmal Lachsschinken feinster Qualität, auch feine Fleischwurst oder Rauchfleisch mit Vortheil verwendet. Die Heranziehung derartiger, in der Spitalkost ungewöhnlicher Stoffe, ist darum von Bedeutung, weil sie für die meisten Insassen der Krankenhäuser ungewohnte Delicatessen sind und ihre Verabfolgung manche Kranke, welche sich sonst nur ungern der scharfen Controlle eines Stoffwechselversuchs unterwerfen, zu willfährigem Verhalten bestimmt.

Man kauft grössere, für mehrere Tage, womöglich für den ganzen Versuch ausreichende Portionen ein und conservirt sie vor Verdunstung geschützt in kühlem Raum.

Analysen auf N und Fett aus verschiedenen Gegenden des Stücks sind bei dem wechselnden Gehalt der Waare unbedingt erforderlich.

Zur Fettanalyse trocknet man bei 105° C. bis zur Gewichtsconstanz. Der Rückstand wird gepulvert, nochmals mit wasserfreiem Aether behandelt, schliesslich im Soxhlet'schen Extractionsapparat völlig erschöpft; sämmtliche Aetherextracte werden vereinigt, der Aether wird verjagt; Wägung.

i) Hühnereier.

Hühnereier sind für den Versuch werthvoll, weil sie constant zusammengesetzt sind und von jedem Kranken leicht genommen werden. Man berechnet ihren Gehalt nach Zurückwiegung der Schale auf 10,9% Fett und 2,19% N.

k) Kartoffeln.

Kartoffeln sind wenig geeignet zum Versuch, weil sie eine sehr verschiedene Zusammensetzung haben. Sowohl der Gehalt an N-Substanz wie an Kohlenhydraten schwankt bedeutend mit dem Alter und der Grösse, der Sorte und der Art der Bodendüngung. Ausserdem ist ein sehr verschieden grosser, aber immer ansehnlicher Theil (ca. $^1/_6$—$^1/_3$) des N nicht an Eiweiss, sondern an Amidokörper gebunden. Will man daher umständliche Analysen vermeiden, so wende man Kartoffeln im Versuche nicht an.

l) Liebig's Fleischextract.

Liebig's Fleischextract ist manches Mal eine werthvolle Beigabe, z. B. zur Bereitung einer einfachen Reisspeise. Ueber die Verwerthung seines N zur Aufstellung der Bilanz s. § 57b.

Jeder Topf ist besonders auf N zu analysiren und während des Versuchs wohlverschlossen aufzubewahren. Wegen seines hohen N-Gehalts (bis 10 pCt.) sind, um Fehler zu vermeiden, die Mengen sehr genau abzuwiegen.

m) Alkohol.

Alkohol wird meistens in kleinen Mengen verabfolgt werden, namentlich dann, wenn die Nahrung sehr fettreich ist, bald als Wein, bald als Bier, bald als Cognac mit Wasser. Die täglichen Mengen sollten 30—40 g Alkohol nicht übersteigen, da grössere Mengen einen ungünstigen und für den Einzelfall nicht mehr zu berechnenden Einfluss auf die Eiweisszersetzung ausüben und damit die Exactheit eines jeden Versuchs gefährden würden. Zur Berechnung des Calorienwerths der Nahrung sind die kleineren Mengen Alkohol besser nicht mit heranzuziehen.

Will man es aus besonderen Gründen dennoch thun, so ist das Gramm Alkohol mit 7 Calorien zu berechnen.

Zur Bestimmung des Alkoholgehaltes der Getränke dienen theils bekannte Zahlen (Tabellen von König), theils die aräometrischen Methoden von Richter und Tralles. Näheres bei Lehmann l. c.

n) Wasser.

Dem Erwachsenen wird man einschliesslich des in den Speisen enthaltenen Wassers ca. 2—2½ l pro Tag zuführen müssen. Doch ist das Wasserbedürfniss individuell sehr verschieden und für jeden Fall einzuschätzen. Wichtig ist, dass während des Versuchs möglichst gleiche Mengen pro die genossen werden (§ 4,2).

Der Genuss von Brunnenwasser wird besser untersagt, da Patienten und Wartepersonal auf genaue Abmessung desselben erfahrungsgemäss wenig Gewicht legen. Es ist daher besser, der Versuchsperson eine oder nach Bedürfniss auch zwei Flaschen Mineralwassers curgemäss zu verordnen.

Ausserdem kann Wasser reichlich in abgemessenen Mengen dünnen Thees oder Kaffees Morgens und Nachmittags und in dünnen Suppen, Bier, Fleischbrühe Mittags und Abends zugeführt werden.

Bedient man sich dieser Gruppe von Getränken, so muss man natürlich ihren N-Gehalt kennen. Der Gehalt ist ungemein gering und pflegt in dem von einer und derselben Anstalt gelieferten Material wenig zu schwanken. Es ist daher meist unnöthig, die Analysen täglich zu wiederholen, wenn man vorher über die Zusammensetzung der besonderen Anstaltskost genügende analytische Erfahrung gesammelt hat. Genauer ist freilich das Resultat bei täglich wiederholter Analyse. Dasselbe gilt vom Fett- und Kohlenhydratgehalt der Suppen etc.

Der N dieser Getränke ist übrigens zum überwiegenden Theil nicht an Eiweiss, sondern an Extractivstoffe gebunden. Für die Berechnung der Gesammt-N-Bilanz ist das natürlich gleichgiltig, dagegen ist bei der Berechnung des Eiweissumsatzes dieser N vom Harnstickstoff abzuziehen. (§§ 3 und 57b.)

o) Salz.

Salz nehmen die Kranken, wenn nicht besondere Studien über den Chlorstoffwechsel gemacht werden sollen, nach Belieben.

Gruppirung der Nahrungsmittel.

§ 73. Mit den aufgeführten Nahrungsmitteln gelingt es fast immer, eine den individuellen Verhältnissen und den Bedürfnissen der Fragestellung in gleicher Weise zusagende Kost zusammenzusetzen, welche in stets annähernd gleichen Mengen mehrere Tage, sogar eine Woche und länger gern genommen wird. Es steht auch nichts im Wege unter Bezugnahme auf ermittelten Gehalt der einzelnen Nahrungsmittel nach einigen Tagen die Kost in diesem und jenem zu ändern, ohne dass dadurch

die wichtigsten Factoren: N, Caloriensumme und Resorbirbarkeit Schwankungen unterworfen werden.

Eine Auswahl unter den genannten Nahrungsmitteln hat weiterhin den Vortheil, dass fast bei jeder beliebigen Composition derselben von vornherein — gesundhafte Verhältnisse vorausgesetzt — ein Verlust durch den Koth in Höhe der im § 67c mitgetheilten Zahlen erwartet werden darf und Abweichungen hiervon ohne weiteres einer krankhaften Aenderung der Darmfunctionen Schuld zu geben sind. Nur bei Heranziehung bedeutender Mengen groben Brodes, minderwerthigen Reises müssten höhere Verlustwerthe für N und Trockensubstanz noch als normal angesehen werden.

Tabelle zur Orientirung über die Kost.

§ 74. Natürlich kann man weder zum Voranschlag, noch zur genauen Ausrechnung des Gehaltes der Nahrungsmittel an Trockensubstanz, N, Fett und Kohlenhydrat und zur Berechnung ihres Calorienwerthes besonderer Tabellen entbehren. Am besten sind hierfür diejenigen in König's bekanntem und schon mehrfach citirtem Werke. Immerhin mag für die hier aufgeführten Nahrungsmittel eine ungefähren Anhalt bietende Tabelle Platz finden, zur vorläufigen Orientirung ausreichend.

100 g	Trockensubstanz	N	Fett	Kohlenhydrat	Calorien.
	g	g	g	g	g
mageres Ochsenfleisch	24	3,4	0,9	—	95
gute Milch ...	12	0,5	3,0	4,5	59
Butter	88	0,1	87,0	0,5	814
Speck	—	—	95,6	—	889
Weissbrod	72	1,3—1,5	1,0	60,0	291
Schwarzbrod ..	63	1,0	—	52,5	242
Cakes	90	1,2	4,6	73,3	374
Reis (enthülst) .	87	1,1	0,9	77,5	354
Cacao (v.Houten)	95	3,1	31,6	40,0	537
Zucker	—	—	—	100,0	410
Lachsschinken .	36	4,2	3,6	—	141
Ei ohne Schale .	26	2,19	10,9	—	157
Liebig's Fleischextract	81	8,9	—	—	—
dünne Suppen .	9	0,07	1,5	5,0	34

Beispiel einer Kostordnung.

§ 75. Es sollen pro Tag gereicht werden ca. 80 g Eiweiss und soviel N-freies Material, dass der Gesammtnährwerth ca. 2300 Calorien beträgt:

	Menge	Gesammt N	Extractiv N	Fett	Kohlenhydrat	Alkohol	Wasser
Milch	1000	5,0	—	30,0	45,0	—	890
Fleisch	100	3,4	—	0,9	—	—	76
Weissbrod	250	3,2	—	2,5	150,0	—	75
Butter	50	0,1	—	45,0	—	—	5
1 Ei ohne Schale	40	0,9	—	4,4	—	—	30
Zucker	60	—	—	—	50,0	—	—
Suppe	500	0,3	0,3	7,5	25,0	—	470
Kaffee	300	0,2	0,2	—	—	—	300
Selters	500	—	—	—	—	—	500
Cognac	100	—	—	—	—	30	70
		13,1	0,5	90,3	270,0	30	ca. 2400

Die Kost enthält also, der Absicht entsprechend:

(13,1—0,5) × 6,25 = 78,75 g Eiweiss	= 322,9	Calorien.
90,3 g Fett	= 839,8	„
270,0 g Kohlenhydrat	= 1107,0	„
2400 g Wasser		
	2269,7	Calorien.

F. Behandlung der Ausscheidungen.

N-Analyse des Harns.

§ 76. Der Harn der 24stündigen Periode wird gründlich gemischt; im Gemisch wird das spec. Gewicht bestimmt, sodann werden Proben zur N-Analyse entnommen.

Es ist jetzt zur N-Bestimmung fast ausschliesslich die Kjeldahl-Analyse oder eine ihrer Modificationen in Gebrauch. Die Titrirung nach Liebig, resp. Liebig-Pflüger mit Quecksilbernitrat, kaum weniger Zeit und Mühe beanspruchend, steht der Kjeldahl-Analyse an Zuverlässigkeit bedeutend nach. Unter den verschiedenen Modificationen des Kjeldahl-Verfahrens kann ich diejenige von Argutinsky besonders empfehlen. Sie giebt bei sorgfältigem Arbeiten absolut genaue Werthe. Trotzdem wird man stets jede Bestimmung des N im Harn und in allen anderen Substanzen doppelt ausführen müssen. Der geringe Mehraufwand an Zeit, welchen die Doppelanalyse erheischt, wird reichlich durch die Gewähr grösserer Sicherheit belohnt. Die Methode ist ausführlich beschrieben in Pflüger's Archiv Band 46. S. 581. 1889.

Verfügt man über die nöthige Anzahl zweckmässiger Apparate, so kann der einzelne am Tage bequem 10—12 absolut genaue N-Analysen mit dieser Methode ausführen, so dass neben der Untersuchung des

Harn-N eine sehr genaue Controlle über den N-Gehalt der Nahrungsmittel leicht auszuüben ist.

Es empfiehlt sich, von Zeit zu Zeit die Reagentien durch blinde Analysen auf N-Reinheit zu prüfen.

Behandlung des Koths; Trocknung.

§ 77. Der Koth wird frisch gewogen, das Gewicht notirt. Sodann wird er in eine Schale gebracht, mit Schwefelsäure-haltigem Wasser übergossen und auf dem Wasserbad getrocknet. Zu dieser ersten Portion fügt man die späteren nach Abwägung unter Zusatz neuen angesäuerten Wassers hinzu, bis die ganze auf den Versuch fallende Kothmasse beisammen ist (cf. § 59).

Nach mehreren Tagen ist der Koth annähernd trocken; er kann freilich noch in der Wärme zähflüssig sein, wenn er sehr viel Fett enthält. Sodann bringt man ihn in den Trockenschrank und lässt ihn dort 5—6 Stunden bei 105° C. Koth und Schale werden zusammen gewogen, sodann wird der trockene Koth aus der Schale sorgfältig entfernt; nach Abzug des Schalengewichts erhält man das Gewicht des trockenen Koths.

Der trockene Koth wird sofort in einem Mörser grob zerkleinert und im gutschliessenden Gefäss aufbewahrt.

Zu den Analysen werden die groben Bröckel zunächst gut durcheinandergeschüttelt, damit eine gleichmässige Mischung entsteht. Dieselbe wird um so sicherer erhalten werden, wenn man schon vorher auf dem Wasserbade den flüssigen Koth öfters mit einem Glasstabe durcheinanderrührte. Etwa 4—5 g Kothbröckel werden für die folgende Analyse entweder im Mörser oder unter Anwendung einer Pfeffermühle zu Staub zerrieben.

N-Analyse des Koths.

§ 78. Zur N-Analyse benutzt man 2—3 Proben von je 0,5—1,0 g Gewicht. Nach Abwägung auf chemischer Wage werden sie in die Kjeldahl-Kölbchen gebracht und bleiben nach Zusatz der Schwefelsäure und des Hg (Analyse nach Argutinsky) gut zugestöpselt zunächst 12 Stunden stehen. Das ist wichtig, weil der Koth beim Erhitzen mit Schwefelsäure sonst sehr leicht überschäumt. Dann ist die Analyse verloren. Auch nach längerem Kaltstehen kommt dieses gelegentlich vor, wenn man nicht sehr langsam anheizt. Koth bedarf übrigens, ebenso wie alle anderen festen Substanzen, viel längeren Kochens mit Schwefelsäure als Harn (4—5 Stunden). Aus der Gegenüberstellung der verwendeten Kothmenge und der gefundenen N-Menge ergiebt sich der Procentgehalt für jede einzelne Probe und hieraus wird der Mittelwerth berechnet. War die Mischung eine gute, so pflegen die Einzelwerthe dem Mittelwerthe sehr nahe zu liegen.

Beispiel: Koth trocken 150 g.

2,246 g trockener Koth enthalten	0,0966 g N =	4,305 pCt.
1,328 g „ „ „	0,0571 g N =	4,301 pCt.
1,945 g „ „ „	0,0840 g N =	4,318 pCt.
	Mittel =	4,308 pCt.

150 g Koth enthalten = 6,462 g N.

Aus dem Gesammt-N des Koths ergiebt sich sodann, wie viel N pro die im Koth austraten. Dauerte der Versuch z. B. 7 Tage, so waren es $\frac{6,462}{7} = 0,922$ g N pro die.

Analyse des Fettes im Koth.

§ 79. Es hat nur für ganz besondere Fälle einen Zweck, zu wissen, wie viel Fett als Triglycerid, wie viel als freie Fettsäure und wie viel als Seife ausgeschieden ward. Deshalb empfiehlt es sich zunächst alles Fett durch Kochen mit ClH-haltigem Alkohol in einen ätherlöslichen Zustand zu bringen. Man führt dieses mit je 2 Portionen gepulverten Koths (ca. 5—8 g) aus. Man kocht in einem Porzellanschälchen auf dem Wasserbad, bis der Alkohol verjagt ist. Sodann hält man das Schälchen mit dem Koth 5—6 Stunden im Trockenschrank bei 105° C., mischt sodann den Koth mit trocknem reinen Flusssand (vorher mit saurem Wasser, Alkohol und Aether ausgewaschen) und überschichtet das Gemisch im Kölbchen mil wasserfreiem Aether. Das weitere cf. § 72, c und h.

Als Aetherrückstand erhält man eine braune, in der Kälte starre oder zähflüssige Masse. Dieselbe ist nochmals mit wasserfreiem Aether zu behandeln. Der Rückstand des Aetherauszuges wird nach dem Trocknen gewogen. Er enthält ein Gemisch von Fett, höheren Fettsäuren und Farbstoffen und kann ausserdem Cholestearin und Lecithin einschliessen. Gewöhnlich berechnet man die ganze Masse einfach als Fett. Bei solchen Versuchen aber, wo man besonders exacte Werthe für die Grösse der Fettresorption erhalten will (§ 67), ist das Cholestearin durch Verseifung des Fettes von diesem zu trennen und das Lecithin aus dem P_2O_5-Gehalt der Asche zu berechnen. S. darüber Hoppe-Seyler's Lehrbuch der chemischen Analyse und Fr. Müller über Ikterus, Zeitschr. f. klin. Med. XII. S. 45. 1887.

Bestimmung der Kohlenhydrate im Koth.

§ 80. Kohlenhydrate werden, wenn erforderlich (§§ 51 und 67) nach der Methode von Allihn und Liebmann im trockenen Koth bestimmt (cf. § 72d).

Analyse des Erbrochenen.

§ 81. Das Erbrochene wird ebenso behandelt wie der Koth.

Gedruckt bei L. Schumacher in Berlin.

